

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»
МЕХАНІКО-МАШИНОБУДІВНИЙ ІНСТИТУТ
КАФЕДРА КОНСТРУЮВАННЯ ВЕРСТАТІВ ТА МАШИН

«На правах рукопису»

УДК __621__

До захисту допущено

Завідувач кафедри

_____ В.Б.Струтинський

(підпис)

(ініціали, прізвище)

“ _____ ” _____ 2018 р.

Магістерська дисертація
на здобуття ступеня магістра
зі спеціальності 133 Галузеве машинобудування

на тему Фрезерний верстат з числовим програмним керуванням

Виконав (-ла): студент (-ка) _____ ІІ курсу , групи МВ – 71мп

_____ Коломієць Ірина Анатоліївна

_____ (прізвище ім'я по батькові)

_____ (підпис)

Науковий керівник _____ доцент, к.т.н. Ковальов В.А.

_____ (посада, науковий ступінь та вчене звання, прізвище, ініціали)

_____ (підпис)

Консультант з розділу

_____ (посада, науковий ступінь та вчене звання, прізвище, ініціали)

_____ (підпис)

Рецензент:

_____ (посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

_____ (підпис)

Засвідчую, що у цій магістерській дисертації
немає запозичень з праць інших авторів без
відповідних посилань.

Студент _____
(підпис)

Київ – 2018

Національний технічний університет України
“Київський політехнічний інститут
імені Ігоря Сікорського”
Механіко-машинобудівний інститут
Кафедра конструювання верстатів та машин

Рівень вищої освіти другий (магістерський) за освітньо-професійною програмою
Спеціальність 133 Галузеве машинобудування
Спеціалізація «Технології комп'ютерного проектування верстатів, роботів і машин»

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
В.Б.Струтинський
(підпис) (ініціали, прізвище)
“ ” 2017 р.

З А В Д А Н Н Я
НА МАГІСТЕРСЬКУ ДИСЕРТАЦІЮ СТУДЕНТУ

Коломієць Ірині Анатоліївни

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема дисертації Покращення технологічних характеристик фрезерного верстата з програмним керуванням _____

науковий керівник дисертації доцент, к.т.н. Ковальов В.А.

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом по університету від **“15” листопада 2018 року № 934-с**

2. Термін подання студентом дисертації 17 грудня 2018_

3. Об'єкт дослідження Фрезерний верстат з ЧПК

4. Вихідні дані Технічна характеристика верстата

5. Перелік завдань, які потрібно розробити: опис конструкції, принципу дії механізмів верстату та особливості обробки на ньому, розрахунок приводу інструментального магазину, Програмування в системі HEIDENHAIN iTNC 530

6. Орієнтовний перелік графічного (ілюстративного) матеріалу загальний вигляд верстату, магазин інструментальний, маніпулятор, пристосування для фрезерного верстат

7. Орієнтовний перелік публікацій _____

8. Консультанти розділів проекту

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

9. Дата видачі завдання 15 вересня 2018

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів виконання магістерської дисертації	Строк виконання етапів магістерської дисертації	Примітка
1	Опис конструкції, принципу дії механізмів верстату	вересень	
2	Огляд інструментальних механізмів	вересень	
3	Розрахунок механізмів пристрою зміни інструментів	жовтень	
4	Розрахунок приводу інструментального магазину	жовтень	
5	Різальний інструмент для фрезерних верстатів	жовтень	
6.	Програмування в системі HEIDENHAIN iTNC 530	листопад	
7.	Оформлення графічного матеріалу	листопад	
8	Оформлення пояснювальної записки	грудень	

Студент _____ **Коломієць І.А**
(підпис) (прізвище та ініціали)

Науковий керівник дисертації _____ Ковальов В.А.

Анотація

Темою магістерської дисертації є покращення технологічних характеристик фрезерного верстата з програмним керуванням.

Результатом проведеної роботи є заміна маніпулятора на автооператор . Запропонований автооператор більш простий у виготовленні, а отже його собівартість менша , має більш високу швидкість зміни інструменту і вимагає внесення незначних змін в його конструкцію для встановлення на верстаті. Конструктивна складність і висока собівартість заміненого автооператора були викликані використанням у його конструкції складних поверхонь кочення , необхідних для переміщення маніпулятора вздовж станини верстата з поворотом на 90^0 . Через це зростав час зміни інструменту . Для забезпечення роботи маніпулятора необхідно було змінити тип пристосування для кріплення інструменту. З цією метою встановлений в верстаті електромеханічний пристрій було замінено на гідравлічний . Це дозволило виключити з конструкції верстата асинхронний двигун потужність 0.18 кВт.

Зміни , внесені в модель верстата , дозволили збільшити продуктивність верстату.

Ключові слова (словосполучення)

Машинобудування, фрезерний верстат, програмне управління, маніпулятор, автооператор, інструментальний магазин, автоматична зміна, продуктивність.

Аннотация

Темой магистерской диссертации является улучшение технологических характеристик фрезерного станка с программным управлением.

Результатом проведенной работы является замена манипулятора на автооператор. Предложенный автооператор проще в изготовлении, а следовательно его себестоимость меньшая, имеет высшую скорость изменения инструмента и требует внесения незначительных изменений в его конструкцию для установления на станке. Конструктивная сложность и высокая себестоимость замененного автооператора были вызваны использованием в его конструкции сложных поверхностей качения, необходимых для перемещения манипулятора вдоль станины станка с поворотом на 90^0 . Из-за этого росло время смены инструмента. Для обеспечения работы манипулятора необходимо было изменить тип приспособления для крепления инструмента. С этой целью установленное в станке электромеханическое устройство было заменено на гидравлическое. Это позволило исключить из конструкции станка асинхронный двигатель мощностью 0.18 кВт.

Изменения, внесены в модель станка, позволили увеличить производительность станка.

Ключевые слова (словосочетания)

Машиностроение, фрезерный станок, программное управление, манипулятор, автооператор, инструментальный магазин, автоматическая замена, производительность.

Annotation

Theme of master's degree dissertation is an improvement of technological descriptions of milling machine with a programmatic management.

A conducted job performance is substituting of manipulator by autooperator . An offer autooperator is simpler in making, and consequently his prime price less, has higher speed of change of instrument and requires bringing of insignificant changes in his construction for establishment on a machine-tool. Structural complication and high prime price of transferable autooperator were caused by the use in his construction of difficult surfaces of wobbling, necessary for moving of manipulator along the bed of machine-tool with a turn on 90^0 . Time of change of instrument grew from it . For providing of work of manipulator it was necessary to change the type of adaptation for fastening of instrument. The electromechanics device set to that end in a machine-tool was substituted by hydraulic .It allowed to exclude from the construction of machine-tool an asynchronous engine power 0.18 kW.

Changes, are brought in the model of machine-tool, allowed to increase the productivity of machine-tool.

Keywords (word-combination)

Engineer, milling machine, programmatic management, manipulator, autooperator, instrumental shop, automatic change, productivity.

ЗМІСТ

Вступ.....	6
1.Обґрунтування теми проекту.....	8
2.Опис конструкції, принципу дії механізмів верстату та особливості обробки на ньому.....	13
2.1.Особливості процесів обробки деталей на багатоцільових верстатах.....	13
2.2.Різальний інструмент для фрезерних верстатів.....	17
2.2.1.Огляд фрез зі змінними пластинами фірми Walter.....	22
2.3.Перегляд механізмів автоматичної зміни інструментів на верстатах з ЧПК.....	23
2.4.Огляд інструментальних магазинів.....	29
2.5.Опис конструкції і принципу дії верстату та основних його вузлів.....	32
2.5.1.Пояснення до загального виду верстата.....	32
2.5.2.Механізм орієнтації шпинделя.....	38
2.5.3.Механізм автоматичної зміни інструменту (АЗІ).....	40
2.5.4.Опис роботи маніпулятора.....	40
2.5.5.Інструментальний магазин.....	41
2.5.6.Робочий цикл зміни різального інструменту.....	43
2.5.7.Оснащення для фрезерних верстатів.....	45
3.Розрахунок механізмів пристрою зміни інструментів.....	56
3.1.Розрахунок механізму орієнтації.....	56
3.1.1. Визначення крутного моменту муфти механізму.....	56
3.1.2. Визначення сили впливу ролика на муфту.....	57
3.1.3. Визначення сили, що створюється гідроциліндром на ролику.....	57
3.1.4. Визначення робочого тиску в камері гідроциліндра механізму орієнтації.....	58
3.2. Визначення основних параметрів гідромотора.....	58
3.2.1. Визначення необхідної частоти обертання вала гідромотора при переміщенні каретки.....	58

					МВ-7114мп.МД000.000 ПЗ	Арк
Зм.	Арк	№ докум.	Підп.	Дата		3

3.2.2. Визначення моменту на валу гідромотора при переміщенні каретки.....	59
3.3.Розрахунок часу спрацьовування механізмів автооператора..	61
3.3.1Визначення часу спрацьовування поршня автооператора для переміщення захвату.....	61
3.3.2.Визначення часу повороту захвату	62
3.3.3.Визначення часу спрацьовування автооператора	64
3.4.Розрахунок приводу інструментального магазину	64
3.4.1Визначення частоти обертання гідромотора приводу інструментального магазину	64
3.4.2.Визначення часу обертання барабана.....	65
3.5.Визначення необхідної подачі насосної установки гідросистеми маніпулятора.....	65
3.6.Розрахунок механізму віджиму у шпинделі верстата.....	66
3.7.Розрахунок шпиндельного вузла.....	68
3.7.1.Основні вимоги до шпинделів.....	68
3.7.2.Розрахунок ШВ.....	69
3.7.2.1. Розрахунок жорсткості опор.....	70
3.7.2.2. Визначення радіального переміщення переднього кінця шпинделя.....	71
3.7.2.3. Визначення радіального биття передньої та задньої опори шпинделя.....	73
3.7.2.4. Визначення демпфіруючих властивостей шпиндельного вузла.....	73
3.7.2.5. Визначення власної частоти обертання шпинделя.....	73
4. Програмування в системі HEIDENHAIN iTNC 530.....	75
4.1. Можливості системи HEIDENHAIN iTNC 530.....	75
4.2.Написання програми.....	75

					МВ-7114мп.МД000.000 ПЗ	Арк
Зм.	Арк	№ докум.	Підп.	Дата		4

ВСТУП

Подальший розвиток машинобудівної промисловості передбачає широке впровадження у виробництво нового виду машин і технологічного обладнання, що мають високі техніко-економічні показники, які могли б забезпечити значне підвищення продуктивності праці, високий ступінь автоматизації технологічних процесів і швидке переналагодження устаткування на різні технологічні цикли.

Із загальної кількості типорозмірів деталей, що виготовляються в механооброблювальному виробництві, найбільша частина (понад 2/3) загальної номенклатури припадає на призматичні, плоскі, а також фігурні, профільні та інші деталі складної форми. Серед них призматичні деталі, кількість найменувань, яких не перевищує 15 ... 20% загальної номенклатури деталей, є найбільш трудомісткими у виготовленні. Собівартість обробки корпусних деталей, які є основним видом призматичних деталей, становить більше половини загальної собівартості в машинобудуванні. Плоскі й інші деталі складної форми, не пов'язані з тілам обертання, при значному числі найменувань (понад 50% номенклатури) складають менше 20% загальної вартості механооброблення.

Відмінною особливістю виготовлення корпусних деталей є їх дрібносерійний, а іноді й одиничний характер виробництва. У зв'язку з цим при комплексній автоматизації металообробного виробництва корпусних деталей найбільш ефективним є використання гнучких виробничих модулів на базі багатоцільових фрезерно-свердлильно-розточувальних верстатів.

Багатоопераційні верстати є технологічним комплексом з системою числового програмного керування, що має один або декілька робочих органів, магазин інструментів і маніпулятор для їх зміни в шпинделі верстата. Використання багатоцільових верстатів дозволяє успішно вирішувати завдання автоматизації виробничих процесів,

					МВ-7114мп.МД000.000 ПЗ	Арк
Зм.	Арк	№ докум.	Підп.	Дата		5

особливо в умовах серійного, дрібносерійного та індивідуального виробництв, де необхідна частина переналагодження обладнання на обробку різних деталей.

При обробці деталей на багатоопераційних верстатах, в роботі бере участь у кожному моменті часу один інструмент (іноді - кілька), тобто, як правило, немає поєднання операцій. Ефективність багатоцільових верстатів досягається за рахунок скорочення часу транспортування деталей і в результаті зменшення підготовчо-заключного часу. Найбільша ефективність багатоцільових верстатів забезпечується при повній обробці деталі на одному верстаті без переустановлення та перебазування.

Підвищення ефективності обробки на багатоцільових верстатах може бути досягнуто за рахунок покращення технічних характеристик верстата.

					МВ-7114мп.МД000.000 ПЗ	Арк
Зм.	Арк	№ докум.	Підп.	Дата		6

1. ОБГРУНТУВАННЯ ТЕМИ ПРОЕКТУ

На базі вертикально-фрезерного верстату моделі 6Р13Ф3-37 випускають багатоцільовий фрезерний консольний вертикальний верстат ГФ2171 з числовим програмним управлінням (ЧПУ) і автоматичною зміною інструменту (АЗІ). Верстат призначений для обробки різноманітних деталей складного профілю зі сталі, чавуну, важкооброблюваних і кольорових металів, головним чином, торцевими і кінцевими фрезами, свердлами в серійному і дрібносерійному виробництві. Загальний вигляд верстата показаний на рис. 1.1. Верстат оснащений контурно-позиційною системою ЧПУ з наступним регулюванням подач електроприводу, який забезпечує управління переміщеннями робочих органів одночасно за трьома координатним осям:

- поздовжнє переміщення столу з оброблюваною деталлю - вісь X;
 - поперечне переміщення санчат зі столом - Вісь Y;
 - вертикальне переміщення повзуна з інструментом - вісь Z.
- Додатковими, в порівнянні з верстатом 6Р13Ф3-37, вузлами верстата є:

- інструментальний магазин;
- маніпулятор, призначений для автоматичної зміни інструментів;
- гідравлічна керована коробка перемикання швидкостей;
- механізми кріплення інструмента і орієнтації шпинделя, необхідні для зміни інструменту.

У даному дипломному проекті на верстаті ГФ2171 замінений наявний маніпулятор, на автооператор, застосовуваний на верстатах серії МЦ, зокрема на верстаті МЦ800. Запропонований автооператор більш простий у виготовленні, отже, його собівартість менша, має більш високу швидкість зміни інструменту і вимагає внесення

					МВ-7114мп.МД000.000 ПЗ	Арк
Зм.	Арк	№ докум.	Підп.	Дата		7

незначних змін в його конструкцію для встановлення на верстаті ГФ2171. Конструктивна складність і висока собівартість заміненого автооператора були викликані використанням у його конструкції складних поверхонь кочення, необхідних для переміщення маніпулятора вздовж станини верстата з поворотом на 90 °. Через це зростає час зміни інструменту. Базова модель розробленого маніпулятора призначена для автоматичної зміни інструменту на верстаті МЦ800.

Використання даного автооператора на верстаті ГФ2171 дозволить прискорити процес виготовлення деталі завдяки зменшенні часу на зміну інструменту.

Незначна переробка конструкції автооператора дозволить встановлювати його на великій кількості типів верстатів: 6Р13Ф3, ГФ2171, ІР500ПМФ4, МЦ800 та інших верстатах з вертикальним розміщенням шпинделя.

Досвід експлуатації верстатів з пристроями автоматичної зміни інструмента показує, що найбільш ненадійною ділянкою цієї системи являється маніпулятор зміни інструменту, по вині якого з'являються простої та відмова в роботі, що значно знижує продуктивність верстата. Відсутність складних криволінійних поверхонь для переміщення захватів в запропонованій конструкції маніпулятора являється однією з основних переваг, що підвищує надійність і швидкодія механізму зміни інструменту.

Ефективність верстата моделі ГФ при оснащенні розробленим автооператором являється наступне:

1. Підвищення продуктивності верстата за рахунок скорочення часу зміни інструменту
2. Зниження собівартості верстата в цілому за рахунок зменшення вартості виготовлення автооператора даного типу.

					МВ-7114мп.МД000.000 ПЗ	Арк
Зм.	Арк	№ докум.	Підп.	Дата		8

Однією з переваг запропонованого маніпулятора є підвищена надійність в експлуатації в порівнянні з автооператором, розробленим спеціально для верстата ГФ2171, оскільки досвід експлуатації системи автоматичної зміни інструменту показує, що самою ненадійною ділянкою цієї системи є автооператор, через якого з'являються простой і відмови у роботі верстата.

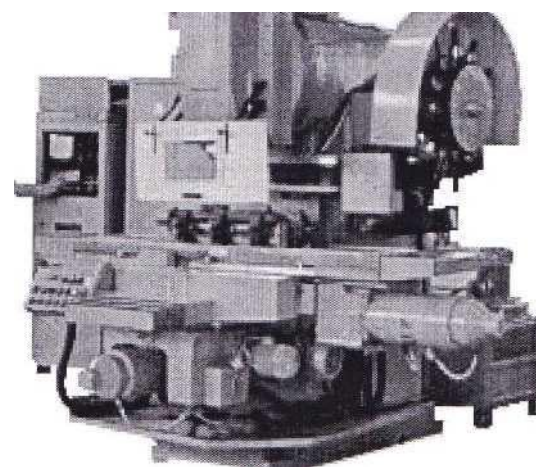
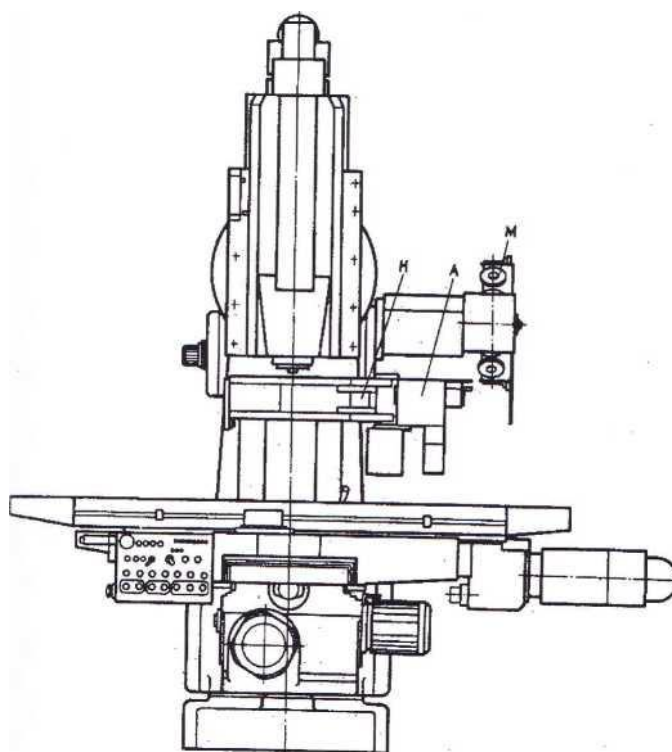


Рис. 1.1. Багатоцільовий верстат ГФ2171

Зм.	Арк	№ докум.	Підп.	Дата

МВ-7114мп.МД000.000 ПЗ

Арк

9

На рис. 1.2 показаний механізм автоматичної зміни інструменту до заміни автооператора. На ньому цифрами позначені:

1.- інструментальний магазин;

2. - автооператор;

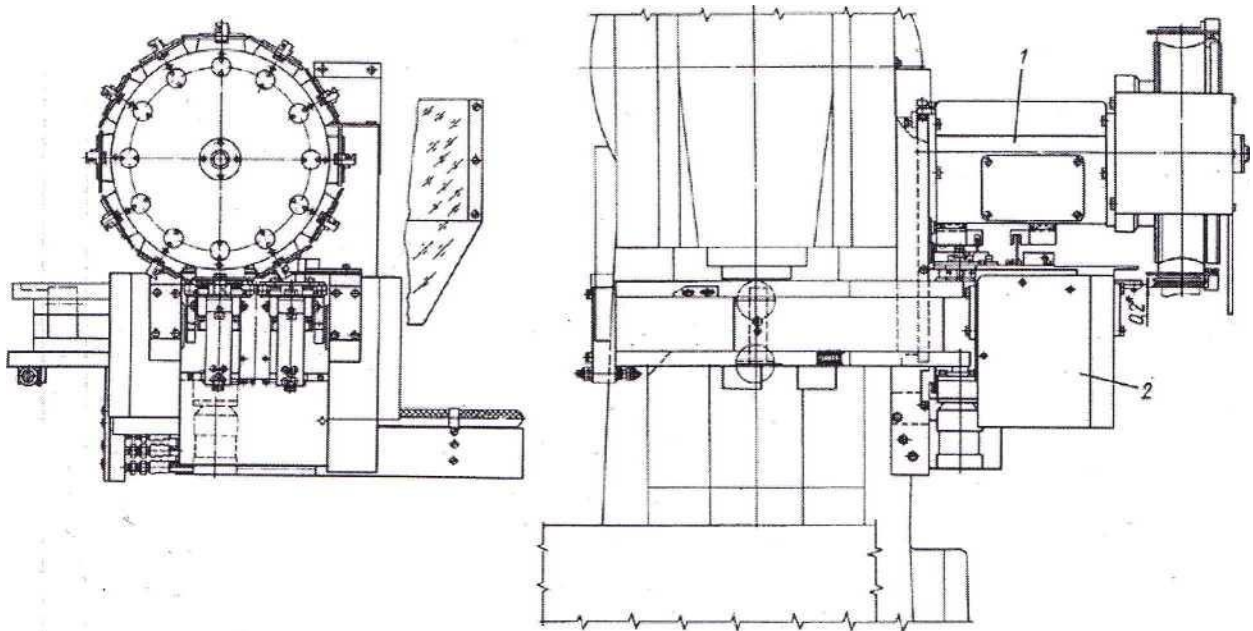


Рис.1.2. Механізм АЗІ верстата ГФ2171 до заміни

Запропонований до заміни автооператор, більш простий у виготовленні. Його конструкція і розміщення дозволяють скоротити час зміни інструменту. Базова конструкція автооператора є універсальною для застосування на різних типах верстатів. Зміни у його конструкції, необхідні для встановлення на верстаті ГФ2171, не глобальні і вимагають незначних витрат.

Конструкція і робота маніпулятора зажадали зміни типу пристрою кріплення інструменту. Встановлений в верстаті електромеханічний пристрій було замінено на гідравлічний. Це дозволило виключити з конструкції верстата асинхронний двигун потужністю 0,18 кВт.

Зміни, внесені в базову модель верстата ГФ2171, дозволили збільшити продуктивність верстату і зменшити його собівартість у

					МВ-7114мп.МД000.000 ПЗ	Арк
Зм.	Арк	№ докум.	Підп.	Дата		10

цілому. Витрати які вони зажадали, невеликі і окупаються за короткий термін.

Верстат після модернізації відповідає вимогам Охорони праці (див. розділ 5)

Далі наведені описи конструкції, основних вузлів верстата і механізмів автоматичної зміни інструментів, а також проведені необхідні розрахунки.

					МВ-7114мп.МД000.000 ПЗ	Арк
Зм.	Арк	№ докум.	Підп.	Дата		11

2.ОПИС КОНСТРУКЦІЇ, ПРИНЦИПУ ДІЇ МЕХАНІЗМІВ ВЕРСТАТУ ТА ОСОБЛИВОСТІ ОБРОБКИ НА НЬОМУ

2.1ОСОБЛИВОСТІ ПРОЦЕСІВ ОБРОБКИ ДЕТАЛЕЙ НА БАГАТОЦІЛЬОВИХ ВЕРСТАТАХ.

У виробництві часто зустрічаються складні корпусні деталі, що потребують обробки з декількох сторін. Якщо деталі мають похилі площини, то число сторін збільшується до десяти і більше. На кожній із сторін є виступи, кишені, пази, направляючі, ребра і інші конструктивні елементи, тобто кожна сторона корпусу - поверхня, що має декілька рівнів по глибині, кожен рівень має складний контур. На кожній стороні розташовано певне число основних і кріпильних отворів: гладких, ступінчастих, конічних і різьбових, різних розмірів, глибини та точності. Часто потрібна обробка внутрішньої порожнини корпусних деталей, у якій є перемички, стінки, ребра жорсткості, кишені. У звичайних умовах це вимагає розробки складної технології, що передбачає значне число фрезерних, свердлильних і розточувальних операцій. При цьому важкий і громіздкий корпус необхідно транспортувати від одного верстата до іншого, багато разів встановлювати його на верстаті, вивіряти і закріплювати, проектувати засоби механізації для підйомно-транспортних робіт. При такій роботі машинний час зазвичай не перевищує 30% штучного часу, а решту його частину займають важкі допоміжні операції і переходи.

Багатоцільові верстати (БВ) дозволяють поєднати операції фрезерування прямолінійних і криволінійних поверхонь, центрування, свердління, розсвердлювання, зенкерування, розгортання, цекування, розточування, розкочування і накочування отворів, нарізування різьби (мітчики, плашки, різьбовими

					МВ-7114мп.МД000.000 ПЗ	Арк
Зм.	Арк	№ докум.	Підп.	Дата		12

головками, різцями), кругове фрезерування зовнішніх і внутрішніх циліндричних, конічних і фасонних поверхонь і кругових пазів кінцевими і дисковими фрезами.

Для досягнення високої ефективності багатоцільових верстатів всю обробку заготовок прагнуть виконувати на одному верстаті за один-два установа. Але доводиться рахуватися з небезпекою спотворення форми оброблених деталей внаслідок перерозподілу залишкових напруг, наявних у вихідній заготівці. У цих випадках технологічний процес поділяють на операції чорнової (обдирної) і подальшої обробки. Чорнову обробку виконують на потужних, особливо жорстких верстатах (з ЧПУ або універсальних), і деталі направляють на термообробку для зняття внутрішніх напружень. Подальшу механічну обробку виконують на багатоопераційних верстатах.

Особливості обробки різних елементів контуру деталі. Площини фрезерують торцевими і кінцевими фрезами з твердосплавними пластинами багатограними непереточуваними (БНП). Зазвичай це роблять у два переходи. Перший - чорнове фрезерування при великих припусках доцільно виконувати торцевими фрезами, послідовними проходами уздовж оброблюваної поверхні. Ширину поверхні, що обробляється за один робочий хід інструменту, а отже, і діаметр фрези вибирають такими, щоб віджим інструменту не позначався на точності чистового переходу. Тому при нерівномірному великому припуску діаметр фрези доводиться зменшувати. Для чистового переходу прагнуть використовувати фрезу, діаметр якої дозволяє захопити всю ширину обробки.

Для одержання особливо дрібної шорсткості поверхні при малому припуску застосовують торцеві фрези з пластинами з ельбора і мінералокераміки.

					МВ-7114мп.МД000.000 ПЗ	Арк
Зм.	Арк	№ докум.	Підп.	Дата		13

Кінцевими фрезами відкриті площини обробляють рідше, головним чином тоді, коли цю ж фрезу використовують для фрезерування інших поверхонь (уступів, пазів), щоб зменшити номенклатуру застосовуваних інструментів.

Пази, вікна і уступи зазвичай обробляють кінцевими фрезами, оснащеними твердосплавними пластинами.

Для підвищення точності обробки по ширині пазу і скорочення номенклатури інструментів діаметр фрези беруть меншим пазу. Обробку виконують послідовно: спочатку фрезерують середню частину пазу, потім обидві сторони, використовуючи можливість отримання високої точності пазу по ширині за рахунок введення корекції на радіус фрези. Наприкінці циклу корекцію скасовують.

Для підвищення стійкості, поліпшення умов відведення стружки при обробці глухих пазів застосовують кінцеві фрези з збільшеним кутом нахилу на спіралі і полірованими канавками. Для полегшення врізання з осьовою подачею застосовують фрезу з особливим заточуванням торцевих зубів. Підвищеною жорсткістю є конструкція фрези з посиленою серцевиною конічної форми і змінною глибиною канавок. При збільшених вільотах фрези, що обумовлюється конфігурацією заготовки, використовують фрези з підсилювальним конусом. Зменшення вібрації досягається у фрезах з трьома і чотирма зубами, завдяки різній відстані між ними (різнокрокові фрези).

Кругове фрезерування - нова операція, що стала можливою з появою фрезерних і багатоцільових верстатів з ЧПК. Отвори в корпусних деталях завжди оброблялися розточуванням. На верстаті з ЧПК вони можуть бути оброблені фрезеруванням. Для режимів різання, щоб отримати високу точність обробки. Тільки при виготовленні особливо точних корпусних деталей остаточну обробку найбільш важливих отворів завершують окремою операцією, на прецизійних розточувальних верстатах.

					МВ-7114мп.МД000.000 ПЗ	Арк
Зм.	Арк	№ докум.	Підп.	Дата		14

При обробці отворів осьовим інструментом, якщо вимоги до точності невисокі, операції виконують в такій послідовності: спочатку обробляють всі отвори одним інструментом, потім наступним (за умови, що зміна інструменту на даному верстаті вимагає більше часу, ніж позиціонування столу). Якщо вимоги до точності діаметрів і форми отворів високі, їх прагнуть обробляти повністю окремо, зі зміною інструментів у кожного отвору і з переміщенням шпинделя тільки по осі \bar{z} . В іншому випадку похибка обробки буде збільшуватися за рахунок похибки позиціонування.

Для скорочення часу свердління спіральними свердлами і підвищення стійкості інструментів використовують швидку автоматичну зміну режиму різання. Після прискореного підвода свердла до заготовки включають робочу подачу, а коли велика частина отвору буде просвердлена, подачу зменшують, щоб уникнути поломки інструменту через стрибкоподібну зміну навантаження при виході свердла з отвору. Якщо є ливарна кірка на вході в отвір або виході з нього, на цих ділянках передбачають у програмі зменшення частоти обертання шпинделя.

У зв'язку з тим, що на БВ при свердлінні, як правило, не використовують кондуктор, широко застосовують засвердлювання отворів короткими жорсткими свердлами - своєрідну розмітку розташування майбутніх отворів. При роботі по ливарній кірці це дозволяє вирішити й інші завдання: полегшити врізання і підвищити стійкість свердел невеликого діаметру і разом з тим зняти фаску на вході в отвір, якщо вона передбачена кресленням. Засвердлювання доцільно застосовувати для обробки отворів діаметром до 8-15 мм в деталях з чорних металів.

Для обробки отворів у корпусних заготовках досить ефективним виявилось застосування інструментів, що

					МВ-7114мп.МД000.000 ПЗ	Арк
Зм.	Арк	№ докум.	Підп.	Дата		15

Великі можливості підвищення продуктивності при обробці отворів полягають у використанні комбінованих інструментів різних типів. Наприклад, якщо отвір у вихідній заготовці відсутній, можна використовувати інструмент, що поєднує свердло і зенкери. Застосовують і триступінчаті інструменти, в яких передня частина (перша ступінь) виготовлена з інструментальної сталі, а друга і третя частини, які працюють з більш високими швидкостями різання, оснащені твердосплавними пластинами. Такий інструмент працює по раніше просвердленому отвору. Залежно від форми, розмірів і розташування твердосплавних пластин друга і третя ступені можуть мати різне призначення.

Кінцеві фрези. Найбільш поширеним інструментом для фрезерних верстатів з ЧПУ є кінцеві фрези. Матеріал робочої частини фрез - швидкорізальні сталі марок P6M5, P6M5K5, P5K10, P18 або тверді сплави груп ВК і ТК. Кінцеві фрези діаметром до 12 мм роблять з однієї заготовки, у фрез діаметром понад 12 мм робочу частину зі швидкорізальної сталі приварюють до корпусу з вуглецевої сталі. Розміри робочої частини фрез визначають стандарти і технічні умови. На рис. 2.1 показана фреза з конічним хвостовиком (ГОСТ 17026-71*).

На рис. 2.1 показана фреза з конічним хвостовиком (ГОСТ 117026-71*).					Арк
МВ-7114мп.МД000.000 ПЗ					16
Зм.	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	

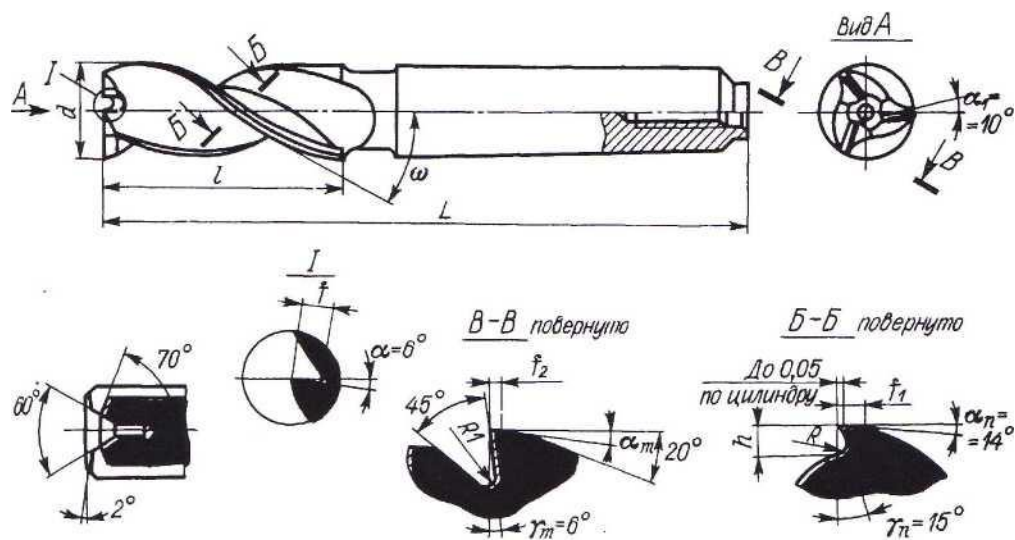


Рис. 2.1. Кінцева фреза з конічним хвостовиком

Кінцеві фрези, які використовуються на верстатах з ЧПК, бувають стандартними і спеціальними, пристосованими для робіт в особливих, важких умовах. Наприклад, для кінцевих фрез можна відзначити наступні особливі випадки, що вимагають спеціальних конструктивних рішень (рис. 2.2):

1 - полегшення виходу стружки при обробці глибоких глухих отворів за рахунок зменшення кількості зубів і збільшення кута нахилу спіралі;

2 - зміна напрямку осьової складової сили різання таким чином, щоб за рахунок цієї складової деталь горнулася до столу верстата (досягається це застосуванням праворіжучих фрез з лівою спіраллю і ліворіжучих з правою спіраллю);

3 - зменшення вібрацій при різанні, що забезпечується несиметричним розташуванням зубів фрези; - особливе загострювання торця двозубових фрез, що дозволяє здійснювати вертикальне врізання в метал;

4- підвищення жорсткості ріжучої частини інструменту в результаті того, що канавки мають змінну глибину (конічний сердечник);

5- збільшення вильоту інструменту зі збереженням його жорсткості за рахунок посилення тіла фрези;

7і 8 - необхідність застосування конічних кінцевих і фасонних фрез для утворення складних криволінійних поверхонь.

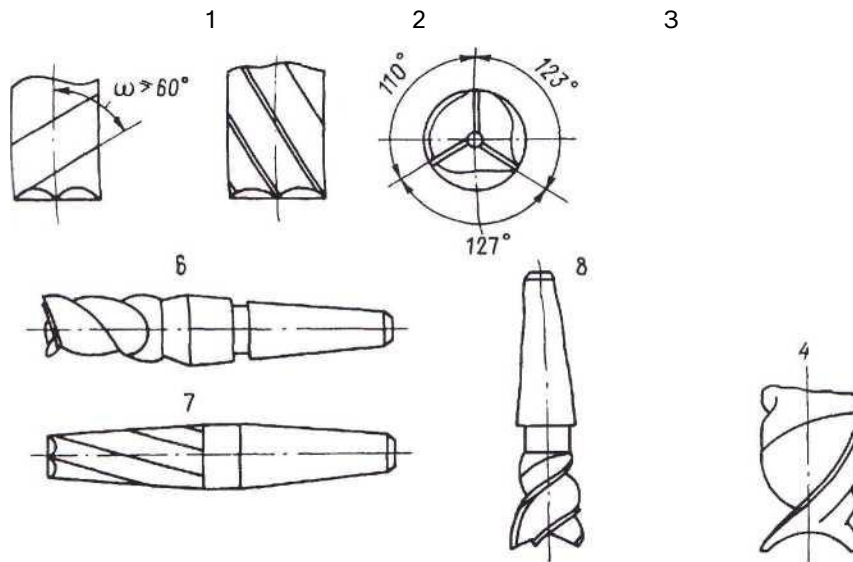


Рис.2.2. Особливі випадки конструктивних рішень кінцевих фрез

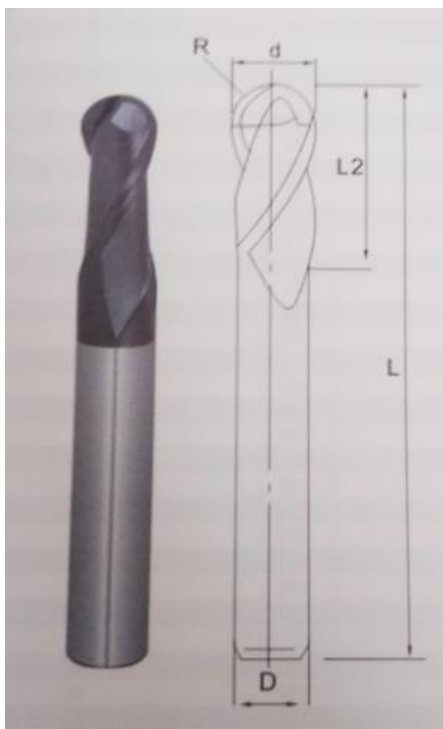
Високоякісні цільні твердосплавні кінцеві фрези забезпечують високу продуктивність, довгий термін експлуатації інструмента і високу безпеку при обробці важких деталей для таких всіх гілок і машинобудуванні. Завдяки дрібнозернистій структурі твердого сплаву, оптимізованій довжині канавок, спеціальному хонінгуванню кромки і зносостійким покриттям ці кінцеві фрези мають в ряді переваг високу якість та рентабельність виробництва.



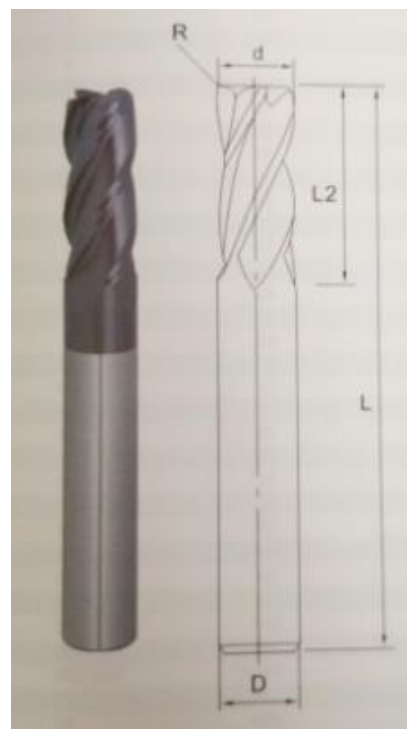
2-х зуба кінцева фреза



4-х зуба кінцева фреза



2-х зуба кінцева фреза «сфера» 2-х зуба кінцева фреза з радіусом при вершині

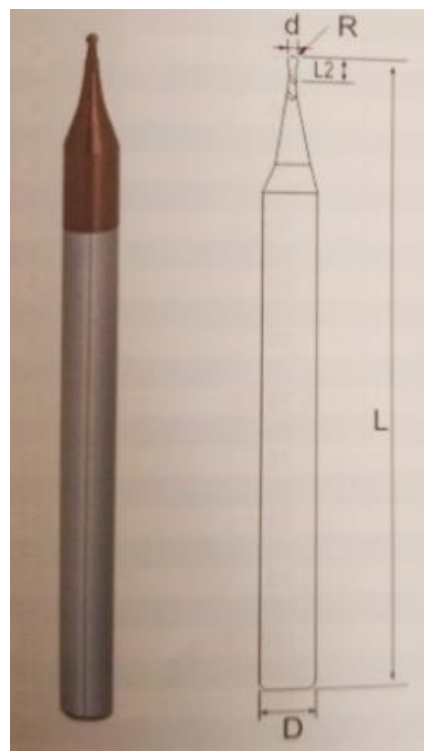
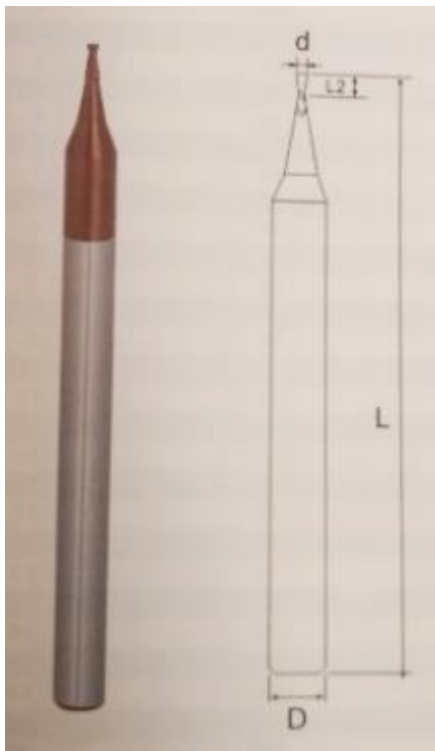


Зм.	Арк	№ докум.	Підп.	Дата

МВ-7114МП.МД000.000 ПЗ

Арк

19



2-х зуба мікро кінцева фреза 2-х зуба мікро кінцева фреза «сфера»

Торцеві та дискові фрези. В основному вони мають стандартну конструкцію. Все більш широке використання знаходять фрези з механічним кріпленням пластин з твердого сплаву або надтвердих ріжучих матеріалів.

Дискові фрези необхідні для різання, розрізів або інших операцій, пов'язаних з грубою обробкою металу або неметалла. Дискові фрези бувають трьох типів :шліцьові або шпонкові, двосторонні ,тресторонні. Шліцьові дискові фрези мають зуби тільки на циліндричній поверхні. Для зменшення тертя по торцях товщина фрези робиться на периферії більше, ніж в центральній частині у маточини. Важливим елементом дискової пазової фрези є ширина, так як фреза призначена в тому числі і для обробки пазів. Важливою сферою застосування дискової пазової фрези є розпилювання заготовок з дерева та металу. Двосторонні дискові фрези, крім зубів, розташованих на циліндричній поверхні, мають зуби на торці. У тресторонніх дискових фрез зуби розташовані на циліндричній поверхні і на обох торцях. Умови різання біля торцевих зубів менш сприятливі, ніж у зубів, розташованих на циліндричній поверхні. Невелика глибина канавки у торця не дає можливості отримати необхідні задні і передні кути.

Дискові фрези зі змінними твердосплавними пластинами можуть бути регульованими, тобто в залежності від положення

					МВ-7114мп.МД000.000 ПЗ	Арк
Зм.	Арк	№ докум.	Підп.	Дата		20

картриджів, до яких кріпляться пластини, фреза може робити пази різної ширини. Фрези бувають з напаяними пластинами і зі змінними.

2.2.1. ОГЛЯД ФРЕЗ ЗІ ЗМІННИМИ ПЛАСТИНАМИ ФІРМИ WALTER

ШВИДКОХІДНА ФРЕЗА



ФРЕЗА ДЛЯ ОБРОБКИ УСТУПІВ



ФРЕЗА ДЛЯ ПРОФІЛЬНОЇ ОБРОБКИ



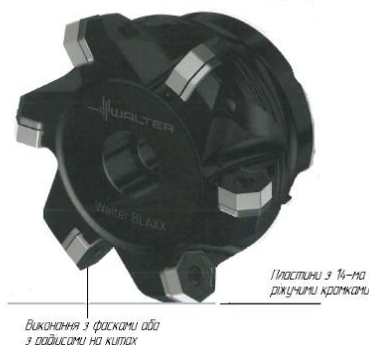
ФРЕЗА ДЛЯ ОБРОБКИ ФАСОК



ФРЕЗА ДЛЯ ОБРОБКИ Т-ПОДІБНИХ ПАЗІВ



ТОРЦЕВА ФРЕЗА З 7-ГРАННИМИ ПЛАСТИНАМИ



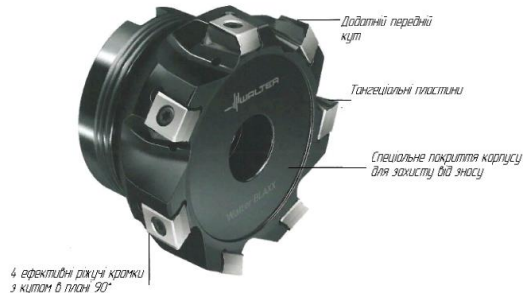
ФРЕЗА ДЛЯ ВАЖКОЇ ОБРОБКИ



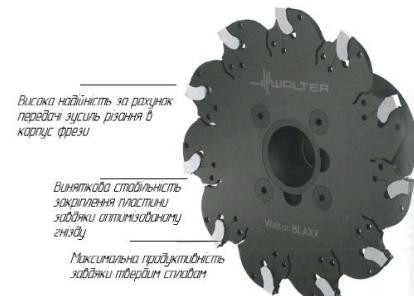
ФРЕЗА ДЛЯ ОБРОБКИ З ВРІЗАННЯМ ПІД КУТ ДЕФОРМУЮЧИХ АЛЮМІНІЕВИХ СПЛАВІВ



ФРЕЗА ДЛЯ ОБРОБКИ УСТУПІВ



ДИСКОВА ФРЕЗА



2.3.ПЕРЕГЛЯД МЕХАНІЗМІВ АВТОМАТИЧНОЇ ЗМІНИ ІНСТРУМЕНТІВ НА ВЕРСТАТАХ З ЧПУ

Верстати, оснащені ЧПУ і пристроєм автоматичної заміни інструменту, призначені для виконання великого числа різних технологічних операцій без переустановлення оброблюваних деталей, називають багатоцільовими (БВ).

Залежно від компонування верстата і його технологічних можливостей пристрою зміни інструментів включають:

- накопичувачі інструментів (револьверні головки, магазини шпиндельних гільз, інструментальні магазини);
- завантажувально-розвантажувальні пристрої для знімання і установки інструменту в шпиндель верстату інструментальні завантажувальні автооператори);

Зм.	Арк	№ докум.	Підп.	Дата

МВ-7114мп.МД000.000 ПЗ

Арк

22

- проміжні конвеєрні пристрої для передачі інструменту від накопичувана до завантажувально-розвантажувального пристрою при великих відстанях від шпинделя до накопичувана (автооператори, перевантажувачі);
- проміжні накопичувачі інструментальних наладок, що є місцем заміни інструменту при великих ємностях магазину.

На рис. 2.3 ... 2.6 приведені приклади пристроїв автоматичної зміни інструменту.

					МВ-7114мп.МД000.000 ПЗ	Арк
Зм.	Арк	№ докум.	Підп.	Дата		23

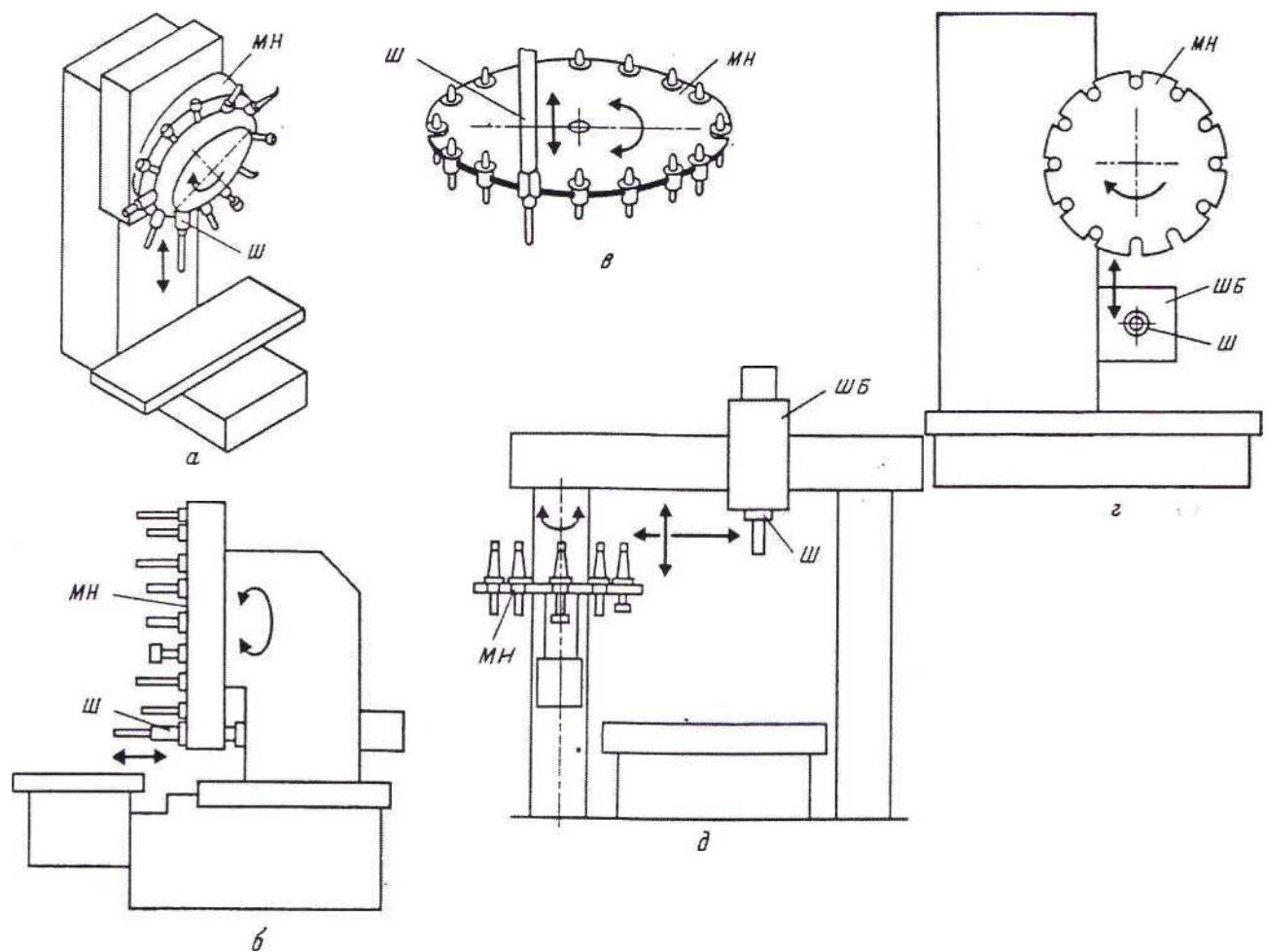


Рис. 2.3. Зміна інструментів без автооператора: а, б, в - при співвісному розташуванні в магазині і шпинделі; г, д - при паралельному розташуванні в магазині і шпинделі;

МІ - магазин інструментів;

Ш - шпиндель;

ШБ - шпиндельна бабка

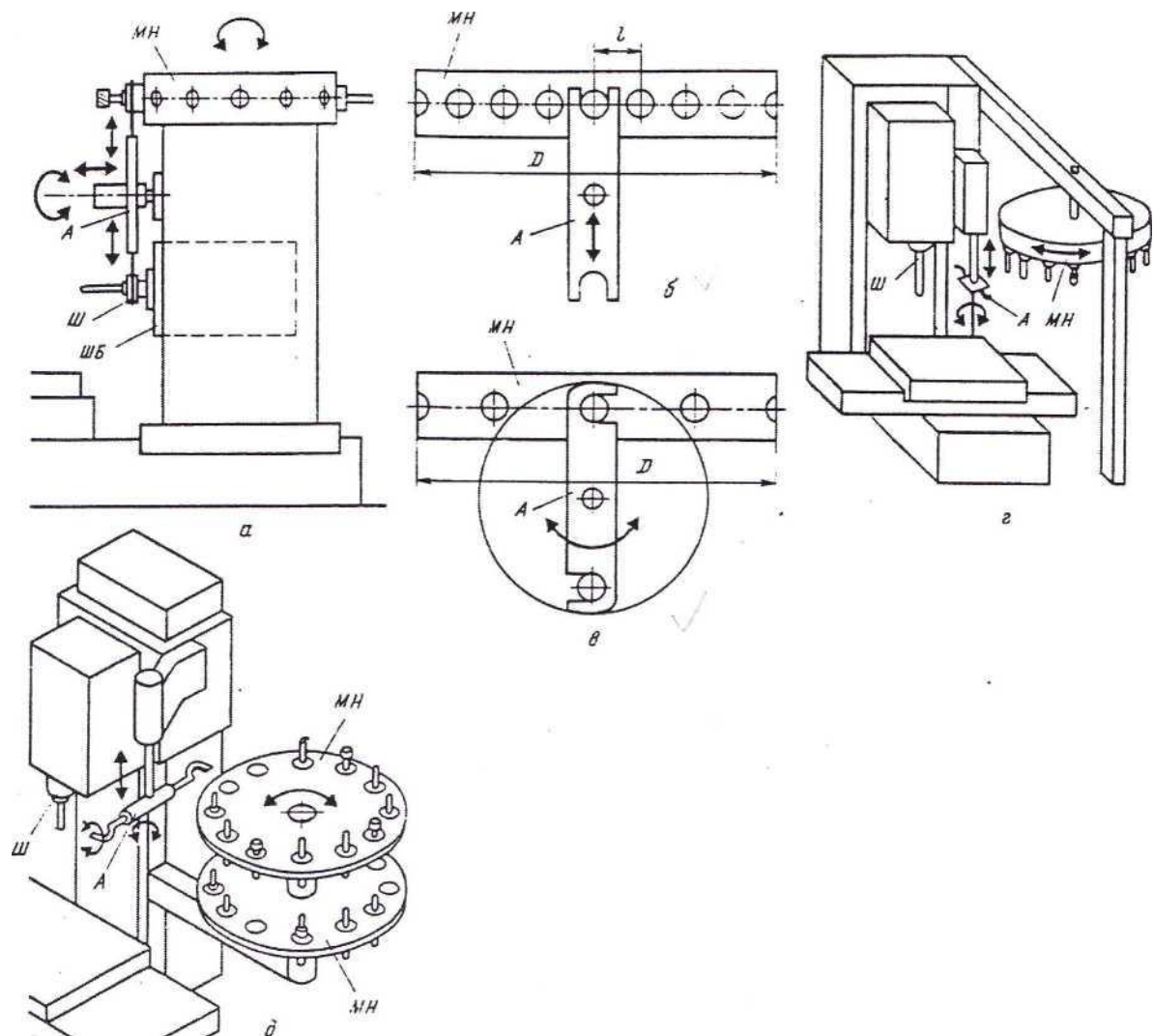


Рис. 2.4. Пристрій для зміни інструментів з автооператором: а, б, в - для горизонтальних багатоцільових верстатів; г, д - для вертикальних і багатоцільових верстатів;

МІ - магазин;

А - автооператор;

Ш - шпиндель;

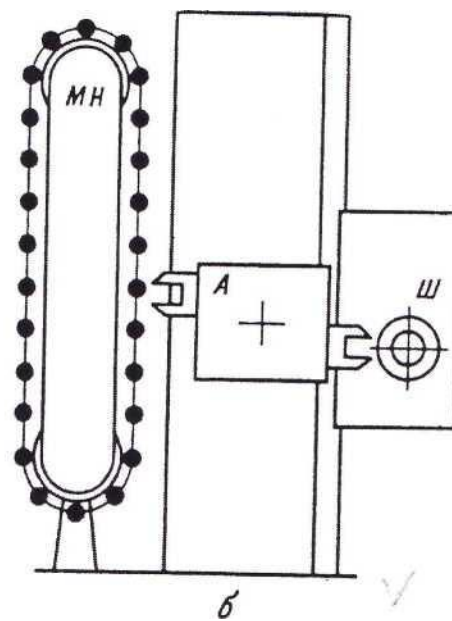
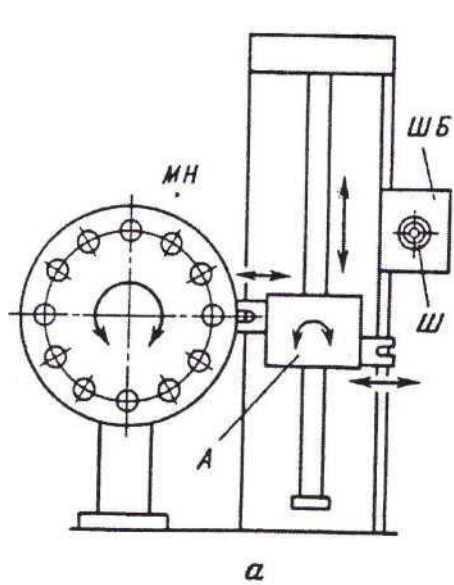
ШБ - шпиндельна бабка

Зм.	Арк	№ докум.	Підп.	Дата

МВ-7114мп.МД000.000 ПЗ

Арк

25



Зм.	Арк	№ докум.	Підп.	Дата

МВ-7114мп.МД000.000 ПЗ

Арк

26



г



д

Рис. 2.5. Пристрій для зміни інструментів з автооператором і магазином: а - з дисковим магазином, б,б1 - з ланцюговим магазином, в – з меандровим магазином, г – стелажний магазин, д – роботизована зміна інструменту;

МІ - магазин інструментів;

А - автооператором;

Ш - шпиндель;

ШБ - шпиндельна бабка

Зм.	Арк	№ докум.	Підп.	Дата

МВ-7114мп.МД000.000 ПЗ

Арк

27

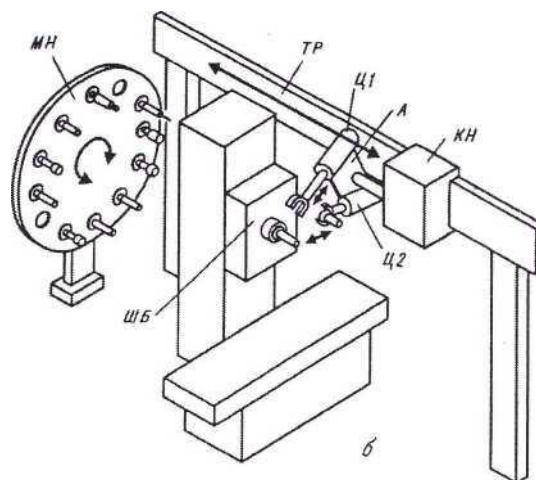
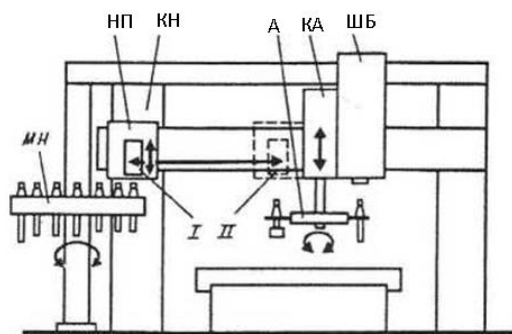


Рис. 2.6. Пристрій зміни інструментів з проміжним носієм: а - для повздовжньо-оброблюваного багатоцільового верстата; б - для горизонтального багатоцільового верстата.

/, // - позиції проміжного носія; МН - магазин; НП - носій проміжний; А - автооператор; КА - корпус автооператора; ШБ - шпиндельна бабка; КН — каретка проміжного носія.

Ц1, Ц2 - гідроциліндри переміщення захватів.

2.4. ОГЛЯД ІНСТРУМЕНТАЛЬНИХ МАГАЗИНІВ

Найбільш широке застосування в сучасних багатоцільових верстатах з ЧПК отримали інструментальні магазини, які виконуються у вигляді окремих механізмів для зберігання інструментів (100 шт. і більше). Відповідно до програми обробки інструменти автоматично вибираються з магазину і завантажуються в шпиндель верстата. Використані інструменти автоматично повертаються в магазин.

Вибір конструктивної схеми та проектування системи автоматичної зміни інструментів виробляються в залежності від призначення та компонування верстата. Це особливо

важливо при створенні ДПС. При цьому необхідно враховувати, що

					МВ-7114мп.МД000.000 ПЗ	Арк
Зм.	Арк	№ докум.	Підп.	Дата		28

різні заготовки при їх обробці вимагають різного числа інструментів. Застосування досить великих магазинів інструментів і накопичувачів заготовок дозволяє обробити значне число різних заготовок за допомогою ДПС, що включають багатоцільові верстати з ЧПУ.

Найбільшого поширення набули інструментальні магазини дискового, барабанного і ланцюгового типів. Залежно від компоновання верстата вони можуть розташовуватися на шпиндельній бабці, колоні, станині або поза верстатом.

При розташуванні дискового магазину на шпиндельній бабці (мал. 2.7, а) не потрібно додаткової координації положення магазину і шпинделя при зміні інструменту завантажувальним автооператором. Цикл роботи автооператора найбільш простий. Однак розташування магазину на шпиндельній бабці збільшує її розміри і масу, що зменшує точність обробки.

При розташуванні магазину на станині (рис. 2.7, б-е) шпиндельна бабка розвантажується, цикл зміни інструменту ускладнюється. При кожній зміні інструменту шпиндельна бабка повинна додатково переміщатися з робочого положення для зміни інструменту назад.

При установці магазину на стійці, розташованій поруч з верстатом, (мал. 2.7, ж) динамічні навантаження магазину не впливають на точність роботи верстата. Однак збільшуються габаритні розміри верстата, а, отже, площа, необхідна для його встановлення.

					МВ-7114мп.МД000.000 ПЗ	Арк
Зм.	Арк	№ докум.	Підп.	Дата		29

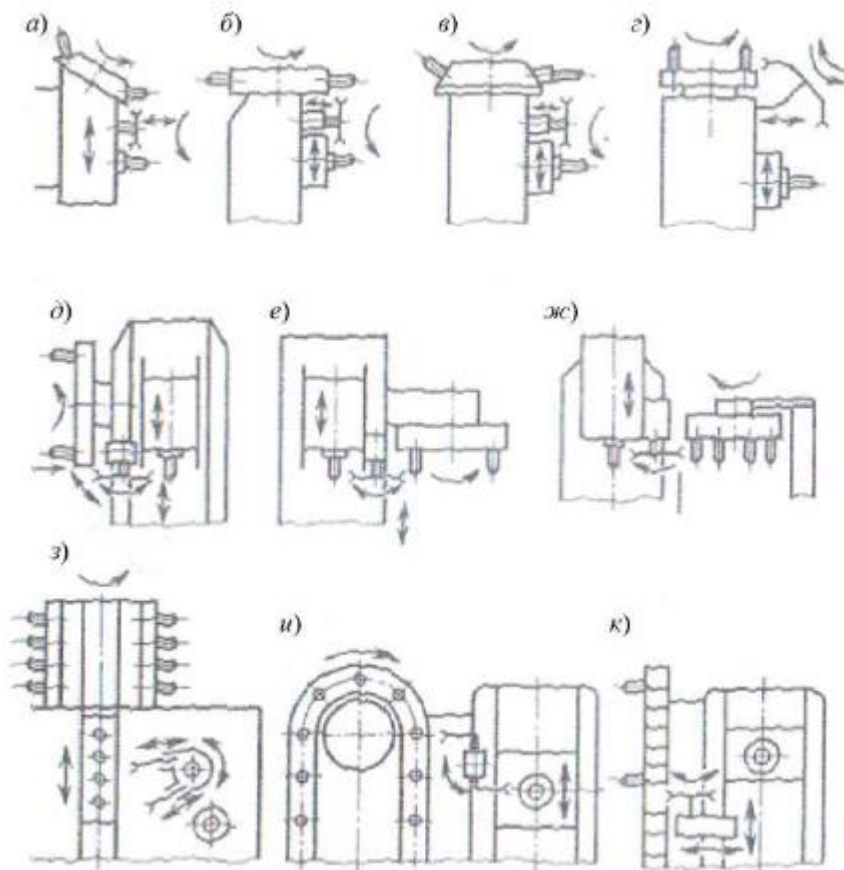


Рис.2.7. Типи інструментальних магазинів

Багатосекційні магазини барабанного типу (рис. 2.7, з), володіючи великою місткістю, дозволяють використовувати під час роботи верстата одну із секцій магазину без переміщення всього запасу інструментів.

Конструкція магазинів ланцюгового типу (рис.2.7, і, к) така, що можна змінювати їх місткість без істотної зміни конструкції верстата.

При проектуванні системи автоматичної зміни інструменту верстата місткість інструментального магазину повинна бути розрахована так, щоб можна було обробити заготовки певних груп по можливості без додаткової комплектації магазину

інструментом. При цьому необхідно передбачити наявність в магазині певного базового інструменту для свердління, фрезерування, так як це дає можливість komponувати магазин додатково тільки тим інструментом, який потрібен для обробки заготовок нової групи. Крім того, число місць в магазині необхідно збільшити з урахуванням того, що інструменти з меншою стійкістю або зі збільшеним часом різання необхідно мати в магазині в двох або трьох примірниках, щоб краще організувати їх переналагодження.

При створенні гнучких виробничих систем, що включають багатоцільові верстати з ЧПУ, а також у тих випадках, коли для обробки груп заготовок потрібен магазин з великим числом позицій під інструмент, слід передбачити можливість стаціонарного розташування магазину біля верстату, з огляду на збільшену в результаті цього загальну масу оснащеного інструментом магазину. Крім того, це дає можливість здійснювати автоматичну підзаправку із зв'язаного з ним резервного магазину інструментів.

2.5.ОПИС КОНСТРУКЦІЇ І ПРИНЦИПУ ДІЇ ВЕРСТАТУ ТА ОСНОВНИХ ЙОГО ВУЗЛІВ

2.5.1.ПОЯСНЕННЯ ДО ЗАГАЛЬНОГО ВИДУ ВЕРСТАТА.

Розташування основних вузлів верстата моделі ГФ2171 із внесеними змінами зображено на аркуші "Загальний вигляд верстата". Станина (поз. 8) є основним базовим вузлом, на якому монтуються вузли і механізми верстата. Спереду станина має вертикальні напрямні, по яких переміщається консоль (поз. 7). Консоль є базовим вузлом, об'єднуючим приводи вертикального і поперечного переміщень столу.

По вертикальним напрямним станини забезпечується вертикальне

					МВ-7114мп.МД000.000 ПЗ	Арк
Зм.	Арк	№ докум.	Підп.	Дата		31

установче переміщення консолі. За горизонтальним направляючим консолі прямокутного профілю переміщається в поперечному напрямку вузол "Стіл і санчата" (вісь У).

У розточування консолі змонтований двоступінчатий редуктор поперечного переміщення столу з передаточним відношенням $i = 1:2$.

Переміщення стола здійснюється від електродвигуна через редуктор і передачу "гвинт-гайка кочення" з кроком гвинту $t = 10$ мм.

На правій стороні корпусу консолі встановлений асинхронний електродвигун М2 вертикального встановленого переміщення. Переміщення здійснюється через черв'ячну пару і гвинтову передачу. Для відліку величини вертикального інсталяційного переміщення консолі служить лінійка, закріплена на станині. У лівій ніші станини розміщено кінцевий вимикач обмеження ходу консолі. З лівого сторони станини встановлена коробка перемикачів швидкості. Вона виконана самостійним вузлом і встановлена на лівій стороні станини. Перемикач частот обертання шпинделя здійснюється за програмою. У коробці швидкостей передбачений механізм автоматичної орієнтації шпинделя. В середині корпусу станини є резервуар для масла. Станина встановлюється на основу і кріпиться до нього болтами. На горизонтальних направляючих консолі змонтовані санчата (див. 6), по поздовжніх напрямних яких пересувається стіл (поз. 5). Стіл отримує рух по осі Х від електродвигуна через одноступінчатий редуктор з передаточним відношенням $i = 1:2$ і передачу "Гвинт- гайка кочення" з кроком гвинта $t = 10$ мм.

Ходовий кульковий гвинт для поздовжнього переміщення столу обертається в підшипникових опорах , вмонтовуючись з лівого боку в кронштейні, а з правого - у корпусі редуктора. Переміщення стола по осі У здійснюється від приводу, змонтованого в консолі.

					МВ-7114мп.МД000.000 ПЗ	Арк
Зм.	Арк	№ докум.	Підп.	Дата		32

Ходовий кульковий гвинт поперечного переміщення столу встановлений в корпусі консолі.

Для ручного переміщення столу є квадратний вивід.

На привалочній площині горловини станини закріплена шпиндельні головка (поз. 9), по вертикальних напрямних яких переміщується повзун (поз. 10) з шпинделем (поз. 11).

Переміщення повзуна зі шпинделем за програмою здійснюється від електродвигуна через редуктор приводу шпиндельної головки, що складається з пари циліндричних коліс з передавальним відношенням 1:2 і передачу "гвинт-гайка кочення" з кроком гвинта $t=10$ мм.

Ззаду верстата розташована шафа з електроустаткуванням і поз. 1) і шафа з ЧПУ (поз. 2). У верстаті використовується система ЧПУ мод.2С42-65. Розроблений автооператором (поз. 3) розташований з правого боку фрезерної бабки. Вертикальна вісь автооператора знаходиться в одній площині з віссю шпинделя. Інструментальний магазин (поз. 4) відповідно до норм безпеки має захисний щиток (поз. 12). Центр западин інструментальних оправлень що знаходяться в шпинделі, захопленні автооператора і гнізді інструментального магазину знаходяться в одній горизонтальній площині. Технічна характеристика верстата наведена у таблиці 2.1.

					МВ-7114мп.МД000.000 ПЗ	Арк
Зм.	Арк	№ докум.	Підп.	Дата		33

Таблиця 2.1

Найменування параметрів	Дані
Клас точності верстата	Н
Розміри робочої поверхні столу, мм	
Довжина	1600
ширина	400
Кількість Т-подібних пазів	3
Ширина Т-подібних пазів, мм:	
Центральний	18Н8
крайній	18Н11
Відстань між пазами, мм	100
Найбільше переміщення столу, мм:	
поздовжнє (вісь Х)	1000
поперечне (ось У)	400
вертикальне (установочне)	250
Найбільше переміщення повзуна (вісь T_z), мм	260
Швидкість швидкого переміщення столу по осі повзуна по осі X_z , мм/мін.	6000

Кінець шпинделя з конусністю 7:24, мм	50
Кількість частот обертання шпинделя	18
Межі частоти обертання шпинделя, об/мін	40...2000
Коефіцієнт ряду вхідних частот обертання шпинделя	1,26
Найбільший крутний момент на шпинделі, кН·м	0,615
Електродвигун головного руху тип потужність, кВт	4AM13284У3 7,5
Межі подач столу, повзуна, мм/мин	3...6000
Допустиме зусилля подачі, Н: осі X, Y осі Z	15690 9806
Електроприводу подач: тип електродвигун: тип номінальний момент, Н·м номінальна частота обертання, об/мин	“Меготайс-А” 35НАТ112-А 17 500

					МВ-7114мп.МД000.000 ПЗ	Арк
Зм.	Арк	№ докум.	Підп.	Дата		35

Виліт інструменту від торця шпинделя, мм, не більш	250
Кількість інструментальних гнізд в магазині	12
Порядок установки інструментів	Довільний
Найбільша маса оброблюваної деталі і пристосування, що встановлюються на верстаті, кг	400
Максимальний діаметр інструментів, мм, не більш:	
фрези торцевої	125
фрези кінцевої	40
свердла	30
Максимальна вага інструменту, кг	15
Габаритні розміри верстата з електроустаткуванням, мм, не більш:	
довжина	3710
ширина	4010
висота	3150
Маса верстата (без пристрою ЧПУ, гідростанції і електрошафи), кг, не більш	5000
Маса верстата з пристроєм ЧПУ, гідро- і електроустаткуванням, кг, не більш	6130
Тип пристрою ЧПУ	2С42-61
Тип станції гідроприводу	5ФГ48-22Н
Тип станції гідроприводу	8
Тип гідромотора	Г15-8

					МВ-7114мп.МД000.000 ПЗ	Арк
Зм.	Арк	№ докум.	Підп.	Дата		36

2.5.2.МЕХАНІЗМ ОРІЄНТАЦІЇ ШПИНДЕЛЯ

У коробці швидкостей встановлений механізм автоматичної орієнтації шпинделя (рис. 2.3), що представляє собою гідроциліндр 3, який за допомогою фланця 5 кріпиться до станини. На валу 10 коробки швидкостей кріпиться муфта 9 з двома глибокими пазами, по одному з яких ковзає ролик 8 важеля 7, скріпленого на штоку 16, а по іншому - ролик 12 важеля 14, скріпленого на фланці 15 гідроциліндра. Осі 11 і 13 роликів зміщені один відносно одного на 10° .

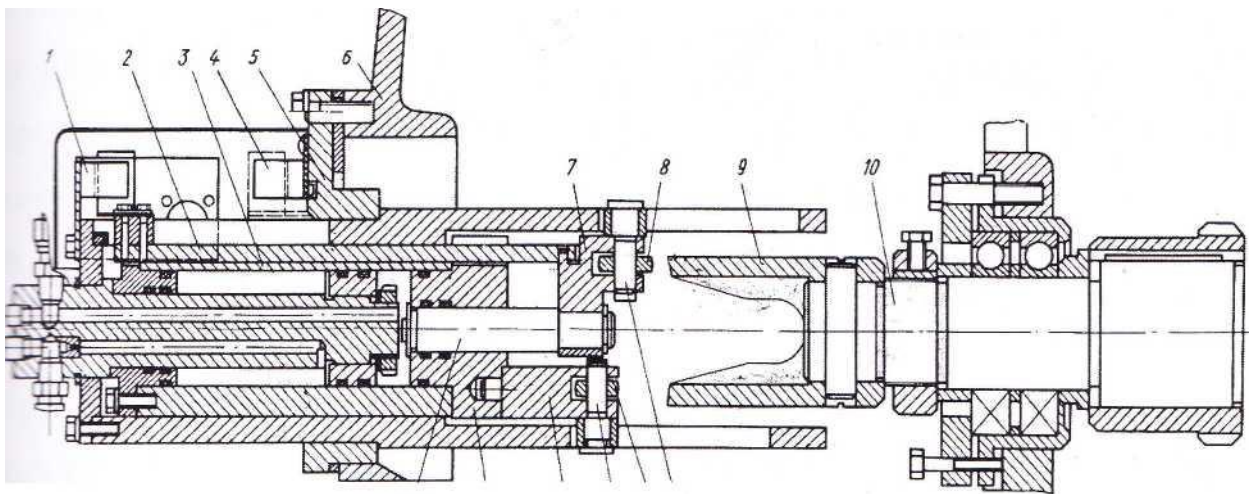


Рис.2.8. Механізм орієнтації шпинделя

При відключенні шпинделя автоматично дається команда на його орієнтацію. Ролики, що приводяться в рух сорочкою 2 гідророциліндра, входять у пази муфти 9 і повертають її з валом 10 до визначеного положення. Якщо ролик 8, що входить у паз муфти тершим, зупиниться, то ролик 12 (внаслідок свого зміщення на 10 при своєму русі поверне муфту з валом до положення, при якому обидва ролики будуть рухатися безперешкодно. Кінцеві положення роликів щодо муфти контролюються безконтактними вимикачами 4 і 1.

У конструкції шпинделя використовується затискної механізм, в якому затиск інструменту здійснюється пружинами, а

					МВ-7114мп.МД000.000 ПЗ	Арк
Зм.	Арк	№ докум.	Підп.	Дата		37

розжився - за допомогою гідравлічного циліндра. Важливою особливістю механізму, що підвищує його надійність, є те, що в ньому передбачено примусове виштовхування оправки з ріжучим інструментом.

У шпиндель верстата, автооператором вставляється оправлення 22 (з інструментом), на кінці якої знаходиться захоплення 12, що входить до цанга 13, що складається з трьох пелюсток, з'єднаних один з одним пружинним кільцем 14. При затиску і звільнення цанга 13, здійснює прямолінійне переміщення під дією наконечника 15 тяги 16 причому величина цього переміщення розрахована таким чином, що в кінці переміщення наконечник 15 натискає на захоплення оправки 11, зрушуючи її на 0.8 мм, що цілком достатньо для виштовхування оправки з гнізда шпинделя і запобігання її заклинювання в гнізді.

На верхньому кінці тяги 16 закріплена втулка 17, в якій змонтований штовхан 18 і три кульки 19, через які від тарілчастої пружин 20 передається зусилля, затискають оправку. Кульки одночасно є замком, що запобігає ослаблення затиску оправки в процесі обробки. Конструкція механізму забезпечує розвантаження опор шпинделя від зусиль затиску.

Після установки оправки в шпиндель верстата дається команда на її затиск і гідроциліндр 23 втягує шомпол із захопленнями, які тримають оправку. Дійшовши до упору, поршень гідроциліндра зупиняється, і в цей момент спрацьовують тарілчасті пружини, які створюють зусилля зтяжки інструменту і одночасно відводять поршень 24, який, стискаючи їх, повертається вихідне положення. За допомогою кінцевих вимикачів 21 і 22 контролюються затискач і звільнення оправки, а також її відсутність у шпинделі. У випадку неправильної зтяжки інструменту обертання

					МВ-7114мп.МД000.000 ПЗ	Арк
Зм.	Арк	№ докум.	Підп.	Дата		38

шпинделя не включається.

2.5.3. МЕХАНІЗМ АВТОМАТИЧНОЇ ЗМІНИ ІНСТРУМЕНТУ (АЗІ)

Механізм зміни інструментів складається з маніпулятора 2 (складальний вузол "Маніпулятор" на 3-х аркушах) та магазину інструментів 1 барабанного типу місткістю 12 інструментів (складальний вузол "Магазин інструментальний" на 2-х аркушах). Вибір інструментів виробляється в будь-якій послідовності. Маніпулятор здійснює подачу інструменту з магазину в шпиндель і повернення відпрацьованого інструменту з шпинделя в магазин. У процесі зміни інструменту автооператором забезпечує відведення його за межі робочої зони верстата, що сприяє скороченню максимального робочого простору і виключає можливість попадання стружки на робочі поверхні інструментальних оправок.

Маніпулятор і магазин інструментів розташовані в зоні, зручній для обслуговування верстата.

2.5.4. ОПИС РОБОТИ МАНІПУЛЯТОРА

Автоматична зміна інструменту здійснюється переміщенням руки маніпулятора 2 вздовж його осі з поворотом на 180 °. При цьому за рахунок конфігурації руки маніпулятора, осі положень інструменту в магазині 1 і шпинделі 21 верстату повернуті один відносно одного на 90 °. Основними конструктивними елементами автооператора є каретка 1, механічна рука 2, блок механізмів 3 висунення і повороту руки, механізм фіксації цього блоку з гідроциліндром 4. Каретка 1 переміщається по траверсі 12

					МВ-7114мп.МД000.000 ПЗ	Арк
Зм.	Арк	№ докум.	Підп.	Дата		39

електромеханічним приводом через зубчасто-рейкову передачу.

Обертання валу двигуна 5 допомогою включення електромагнітних муфт 6 або 7 перетворюється за допомогою блоку механізмів 3 в поступальний переміщення каретки 1 або поворот руки 2 на 180 °. У приводі переміщення каретки є двоступінчастий редуктор 8, на вихідному валу якого встановлено дві шестерні 9, що знаходяться в зачепленні з рейками 10. Рейки закріплені на напрямних 11 траверси 12. Стабілізацію положення каретки у горизонтальних і вертикальних площинах виконують притискні ролики 13, два з яких розташовані знизу і кінематично пов'язані між собою.

Поворот руки на 180 ° виконуються черв'ячною передачею 14 і 15, колесо 15 якої закріплено на валу-шестерні (конічної) 16, що знаходиться в зачепленні з конічним колесом 17.

Колесо 17 встановлено нерухомо щодо корпусу диференціального гідроциліндра 18. Висунення руки 2 здійснюється разом зі штоком 19 гідроциліндра 18, який забезпечений пристроєм гальмування в кінці ходу за допомогою дроселюючих пристроїв 20, із зворотними клапанами. Наприкінці ходу поршня рідина з відповідної порожнини циліндра відводиться тільки через дроселюючий пристрій. Рідина в порожнині циліндра підводиться через отвори в штоку.

Захоплення інструменту здійснюється пружними губками 21, що після висунення фіксуються профільним кулачком 22.

2.2.5. ІНСТРУМЕНТАЛЬНИЙ МАГАЗИН

Корпус 5 інструментального магазину (рис. 2.4) змонтований на шарикопідшипниках 4, встановлених на осі 3.

					МВ-7114мп.МД000.000 ПЗ	Арк
Зм.	Арк	№ докум.	Підп.	Дата		40

На цій же осі змонтована плита 6 з безконтактними кінцевими вимикачами 7 і 8, які при проході через них повідців 9 (закріплених на обертовому корпусі магазину) дають команду на зупинку і обертання магазину відповідно до сигналу, що надійшли від УЧПУ. Оправка з інструментом сидить у гнізді магазину і утримується від випадання скобою 1, а від провороту - фіксатором 15. При необхідності вилучення оправки з магазину штифт автооператора входить в проріз гнізда магазину, повертає гніздо, виводячи оправку з-під скоби 1. Для приводу обертання магазину служить гідромотор 14, який через зубчасті колеса 2, 12, 11 і 10 приводить в обертання корпус 5 магазину. Натяг в зубчастих колесах забезпечується тарілчастими пружинами 13.

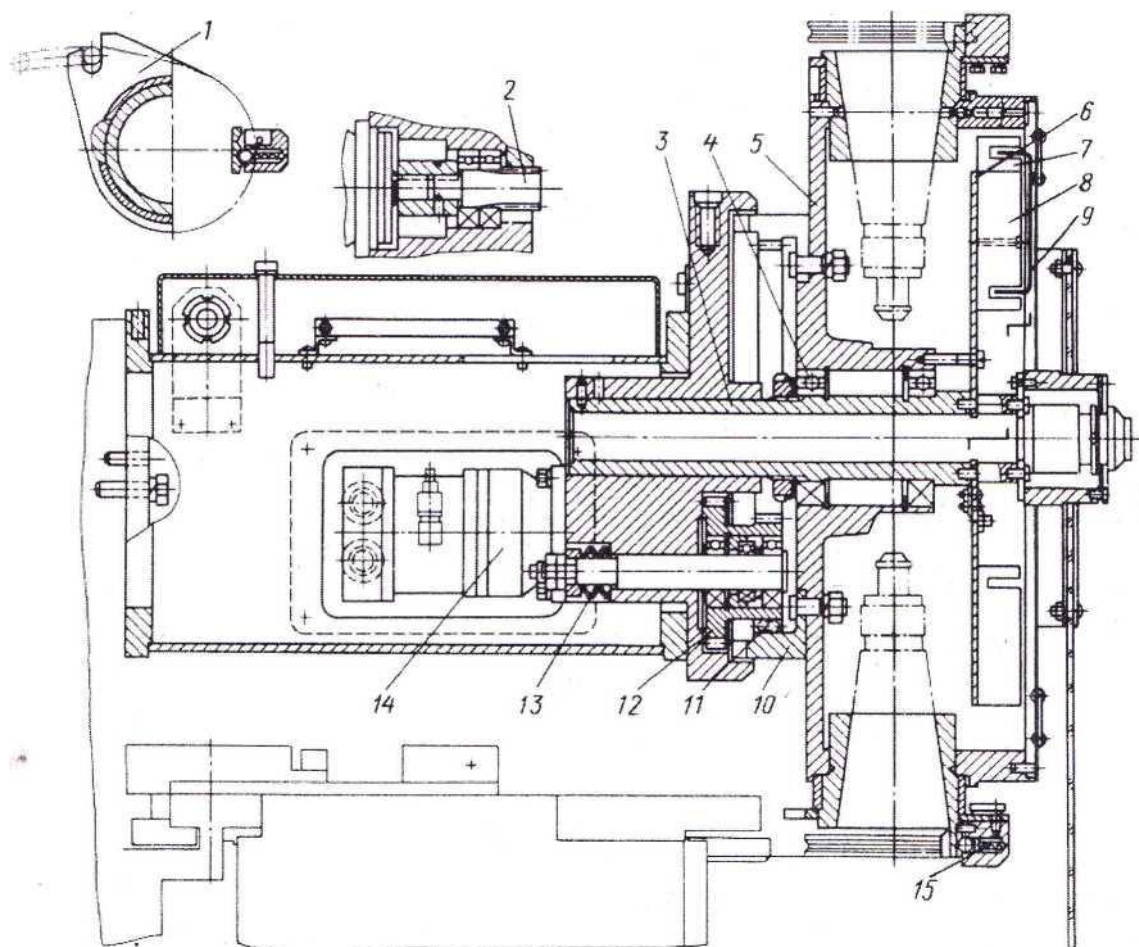


Рис. 2.9. Інструментальний магазин

Гідропривід верстата служить для переміщення каретки

					МВ-7114мп.МД000.000 ПЗ	Арк
Зм.	Арк	№ докум.	Підп.	Дата		41

автооператора, обертання інструментального магазину, переміщення захоплень, а також для орієнтації шпинделя, віджимання інструменту і перемикання блоків шестерень в коробці швидкостей.

Станція гідроприводу представляє собою бак ємністю 63 л, на якому змонтовані насосна установка, система охолодження масла, контрольно-регулююча апаратура і система фільтрації олії.

Змазування направляючих консолей, стіл, санчат і механізмів подач, розташованих в консолі, здійснюється включенням спеціальної кнопки. Система змащування включає в себе резервуар розташований в консолі), фільтр, насос і маслорозподільувач. Наявність масла в резервуарі перевіряють за маслопоказником, що знаходиться з лівого боку консолей.

2.5.6. РОБОЧИЙ ЦИКЛ ЗМІНИ РІЗАЛЬНОГО ІНСТРУМЕНТУ

1. Зупинка верстата.

2. В автоматичній коробці швидкостей (АКШ) перемкнути шестерневий блок в середнє положення для від'єднання шпинделя від коробки швидкостей, привідний електродвигун якої відключений від мережі.

3. Відведення столу із закріпленою на ньому деталлю у вихідне положення.

4. Включити механізм орієнтації шпинделя, який повинен зупинити його в строго визначеному кутовому положенню, щодо шпонок, що фіксують кутове положення інструментальних оправлень.

5. Каретка з рукою маніпулятора рухається до шпинделя і вільним захопленням охоплює інструментальну оправку.

6. У шпинделі спрацьовує механізм віджиму, зриваючи з місця

					МВ-7114мп.МД000.000 ПЗ	Арк
Зм.	Арк	№ докум.	Підп.	Дата		42

інструментальну оправку.

7.Маніпулятор витягує інструментальну оправку з шпинделя (рух вниз).

8.Відведення каретки маніпулятора в нейтральне положення.

9.Маніпулятор повертає руку із захопленнями на 180 °.

10.Каретка переміщається до шпинделя, встановлюючи по осі шпинделя нову інструментальну оправку, заздалегідь взяту з магазину.

11.Маніпулятор вставляє в отвір шпинделя інструментальну оправку (рух руки вгору).

12.Механізм затиску інструментальної оправки затягує її в конус шпинделя.

13.Маніпулятор відводить від шпинделя руку із захопленнями, один з яких утримує зняту інструментальну оправку І рух руки вниз).

14.Каретка маніпулятора відводиться в нейтральне положення.

15.Відключається механізм орієнтації шпинделя.

16.Включається АКС і верстат починає виконувати технологічну операцію.

17.Тим часом магазин встановлюється в положення прийому інструментальної оправки (повертається вільним запрограмованим гніздом). Стіл рухається в заданому програмою положенні.

18.Каретка маніпулятора переміщується до магазину.

19.Маніпулятор рухом руки вгору встановлює вийняту з шпинделя інструментальну оправку в магазин.

20.Відведення руки маніпулятора від магазину в середнє положення (позиція очікування).

					МВ-7114мп.МД000.000 ПЗ	Арк
Зм.	Арк	№ докум.	Підп.	Дата		43

21.Розворот магазину в положення з позицією наступного за програмі інструменту.

22.Рука маніпулятора рухається до магазину - захоплює черговий інструмент.

23.Маніпулятор рухом руки вниз витягує інструмент із гнізда магазину.

24.Каретка маніпулятора відводиться в позицію очікування і чекає черговий команди зміни інструменту.

25.Магазин тим часом встановлюється в положення прийому інструменту, який закріплений в шпинделі.

2.5.7.ОСНАЩЕННЯ ДЛЯ ФРЕЗЕРНИХ ВЕРСТАТІВ

Фрезерні верстати оснащують пристроями, які поділяють на універсальні, нормалізовані і спеціальні. До універсальних оснащень відносяться: ділильні головки, що обертаються, кутові і поворотні столи і машинні лещата.

Універсальні ділильні головки застосовують для періодичного повороту заготовки на певний заданий кут (методом безпосереднього, простого або диференціального ділення); безперервного обертання заготовки при фрезеруванні гвинтових поверхонь (канавок фрез, розгортки, свердел і т. п.); установки заготовки в задане кутове положення відносно площини столу верстата.

На рис. 178 показана універсальна ділильна головка, яка працює в такий спосіб: ділильний диск 2 встановлений на шпинделі 3 головки і фіксується засувкою 1. Змінний ділильний диск 5 встановлений на осі рукоятки 6, на якій розташовані також розсувні втулки 4, здатні фіксувати кут при розподілі. Заголку встановлюють на оправку, яку закріплюють між центрами ділильної головки і задньої бабки фрезерного верстата. На шпинделі може

					МВ-7114мп.МД000.000 ПЗ	Арк
Зм.	Арк	№ докум.	Підп.	Дата		44

бути встановлений патрон, призначений для закріплення заготовки, що не має центрових отворів.

Ділильну головку оснащують трьома дисками 5, в кожному з яких є по шість розташованих по колу рядів отворів: в рядах першого диска - 15, 16, 17, 18, 19 і 20 отворів; другого - 21, 22, 27, 29, 31 і 33; третього - 36, 39, 41, 43, 47 і 49. Отвори в кожному ряду розташовані на рівній відстані одне від іншого.

Для повороту заготовки на необхідний кут виводять штифт 7 з ділильного диска; потім рукояткою повертають шпиндель на необхідний кут і після цього вводять штифт у відповідний отвір диска. В універсальних ділильних головках з черв'ячною передачею колесо зазвичай має 40 зубів, а черв'як є однозахідний; отже, передавальне відношення черв'ячної пари $i = 1/40$.

Якщо осі заготовки потрібно надати похиле положення щодо площини столу, поворотну частину універсальної головки встановлюють під потрібним кутом і закріплюють болтами. При використанні універсальних ділильних головок похибка кута розподілу не перевищує $\pm 1'$.

Оптичні ділильні головки застосовують для особливо точних робіт в тих випадках, коли необхідний поворот оброблюваної заготовки на потрібний кут з відхиленням не більше $0,25'$. Такі головки забезпечені лімбом, за яким роблять відлік показань, спостерігаючи шкалу лімба в окуляр оптичної системи, вбудованої в ділильну головку.

Обертові універсальні столи є приналежністю універсально-фрезерних верстатів, але їх використовують і на вертикально-фрезерних верстатах, коли потрібно надати заготовці, закріпленої на столі, обертальний рух в горизонтальній площині. Стіл можна обертати вручну або від механічного приводу.

Кутові столи застосовують для того, щоб встановлювати площину заготовки, яка підлягає обробці, під заданим кутом до

					МВ-7114мп.МД000.000 ПЗ	Арк
Зм.	Арк	№ докум.	Підп.	Дата		45

площини столу верстата.

Поворотні столи застосовують для багатопозиційної обробки. На столі закріплюють два однакових пристосування і під час обробки заготовки, закріпленої в одному з них, встановлюють нову заготовку в інше пристосування. Після закінчення фрезерування однієї заготовки стіл повертають навколо вертикальної осі, підбиваючи знову встановлену заготовку в зону обробки. Таким чином, допоміжний час на установку і закріплення заготовок, а також на відкріплення і зняття оброблених заготовок перекривається машинним часом.

Особливістю всіх перерахованих пристосувань є висока жорсткість корпусу і затискних елементів. Ця вимога обумовлена тим, що при фрезеруванні контакт лез ріжучого інструменту з оброблюваною заготовкою є переривчастим, внаслідок чого небезпека появи вібрацій при фрезеруванні більша, ніж, наприклад, при точінні або свердлінні.

Пристосування для фрезерних робіт зазвичай розміщують на столах верстатів і переміщують разом з ними зі швидкістю подачі. Розміщення пристосувань залежить від площі столу верстата; зазвичай на столах фрезерних верстатів можна поряд з одномісними застосовувати багатомісні пристосування з великою різноманітністю приводів і затискних пристроїв. У зв'язку з тим, що при фрезеруванні виникають великі сили різання, а також вібрації оброблюваних заготовок, для забезпечення заданої точності і надійності застосовують підсилюючі затискні пристрої різного типу.

Для фрезерних робіт використовують типові і універсальні пристосування, до числа яких відносяться пневматичні верстатні лещата (рис. 2.10.). За допомогою болтів 1 кінці П-подібних рухомих губок 10 з'єднані з планкою 2. Нерухома губка 7 може бути встановлена в необхідне положення гвинтом 5. При затиску

					МВ-7114мп.МД000.000 ПЗ	Арк
Зм.	Арк	№ докум.	Підп.	Дата		46

заготовки шток 8 пневматичної камери 11 за допомогою важеля 6, стрижня 4 і вкладиша 3 переміщує рухому губку 10. Зворотний хід губки 10 відбувається за допомогою пружини 9.

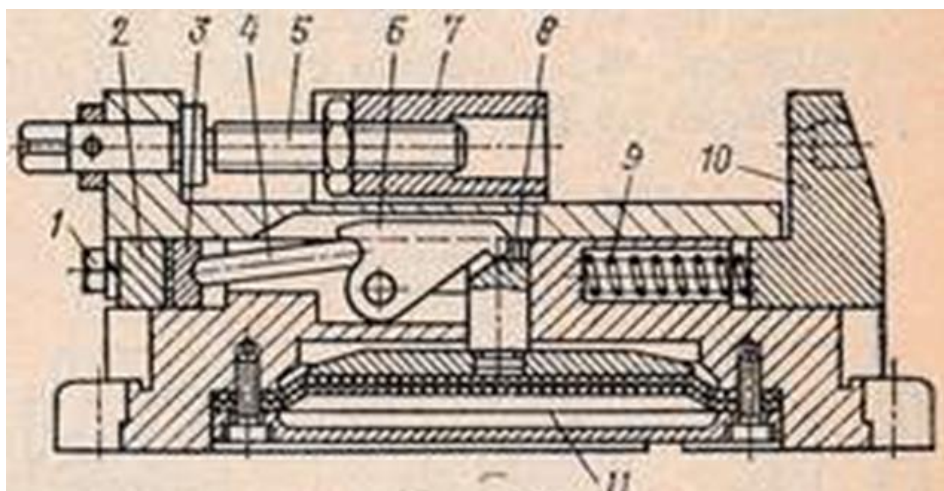


Рис.2.10.

Для фрезерування по контуру, якщо виготовляти спеціальні пристосування недоцільно, застосовують пневматичні поворотні машинні лещата (рис. 2.11.). Поворотний корпус 8 пристосування, в нижній частині якого розміщена пневматична камера, кріплять на нерухомій основі 7. Опорний сталевий диск 6 забезпечує передачу тиску від діафрагми на шток 5, а потім за допомогою важеля 2 і штовхача 1 - рухомій губці 3. У початкове положення рухома губка повертається пружиною 4.

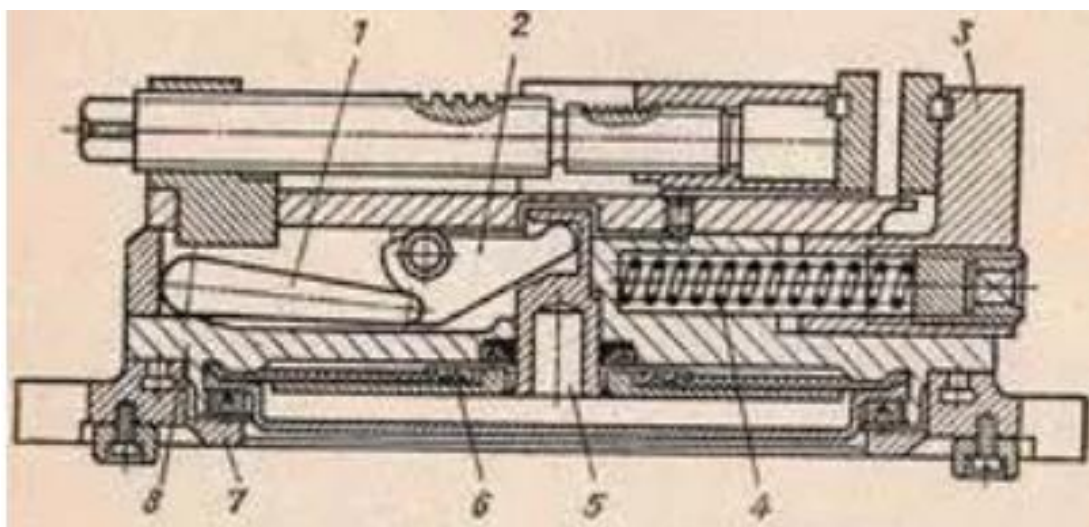


Рис.2.11.

При обробці штампованих заготовок можна застосовувати змінні накладки, відповідні за формою оброблюваних заготовок,

					МВ-7114мп.МД000.000 ПЗ	Арк
Зм.	Арк	№ докум.	Підп.	Дата		47

причому одну з накладок виконують хитаючу, щоб забезпечити самоустановку по контуру заготовки.

До типових пристосувань відносяться також пневматичні пристосування без підсилюючих пристроїв, де шток затискає заготовку. Однак їх застосовують тільки при невеликих силах різання, крім того, необхідно попередньо підготувати місце затиску.

Найбільш поширеним типовим пристосуванням для фрезерних робіт є пневматична затискний пристрій з клиновим підсилюючим механізмом. Перевагою цього підсилюючого механізму є сталість затискної сили і висока жорсткість конструкції, що особливо важливо при фрезеруванні заготовок з установкою по необробленим поверхнях. На рис. 2.12. показано двопозиційне пневматичне пристосування з клиновим підсилюючим механізмом. На першій позиції цього пристосування заготовку встановлюють необробленою поверхнею на дві жорсткі опори 1 і на дві самоустановлювальні опори 2. На другій позиції заготовка обробленою поверхнею встановлюється на жорсткі опорні планки 4. Плаваючий двосторонній клин 7 з'єднаний зі штоком 8 пневмоциліндра Т-подібним пазом. Затискна сила передається плунжером 6 за допомогою сухарів планок 5, притискає заготовку до планок 3.

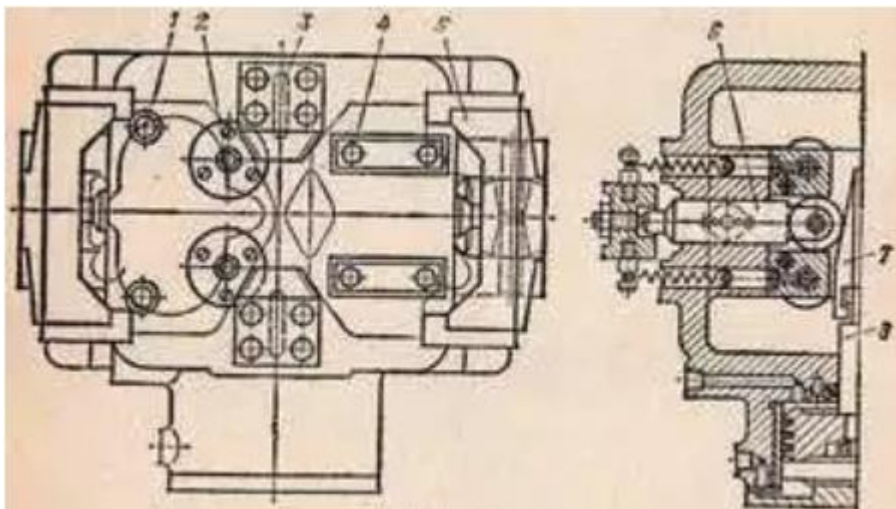


Рис.2.12.

					МВ-7114мп.МД000.000 ПЗ	Арк
Зм.	Арк	№ докум.	Підп.	Дата		48

Для фрезерування торців циліндричних поковок застосовують багатомісні пристосування з пневматичним приводом. На рис. 2.13. показано чотиримісне пристосування для фрезерування торців заготовки карданного валу на горизонтально-фрезерному верстаті.

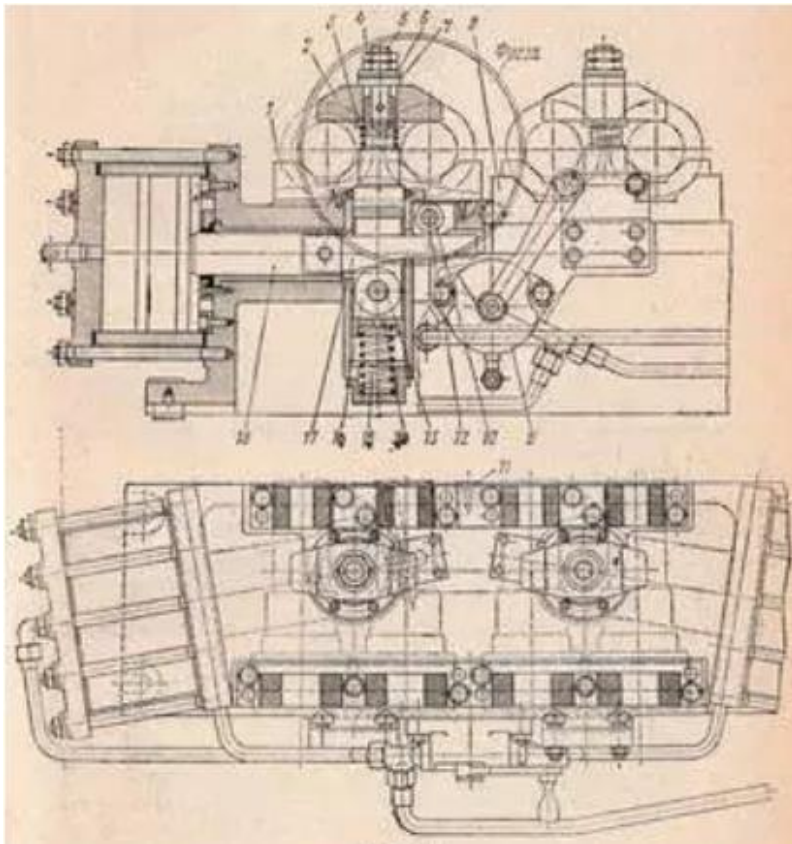


Рис.2.13

Оброблювані заготовки встановлюють на призмі 1 і 8 до упору торцями в болти, вкручені в кронштейни, які укріплені на корпусі пристосування. Заготовки затискають за допомогою двох пневмоциліндрів, кожен з яких затискає дві заготовки. Циліндри прикріплені до торців корпусу пристосування в похилому положенні, що скорочує габарити пристосування.

Штоки 18 циліндрів з'єднані з клинами 17, які проходять через пази в плунжери 14 і похилими площинами впираються в ролики 16, встановлені в пазах плунжерів на осях 13. Своєю верхньою площиною клини спираються на ролики 10, що сидять на осях 12 і запресовані в корпус пристосування. На плунжери 14 надіті притискні планки 2, які пружинами 3 постійно притискаються до шайб 6 і 7, налітих на шпильки 5.

					МВ-7114мп.МД000.000 ПЗ	Арк
Зм.	Арк	№ докум.	Підп.	Дата		49

Притискні планки 2 утримують і регулюють гайками 4. Заготовки затискають і звільняють поворотом рукоятки крана 9. При затиску клини рухаються всередину пристосування і своїми похилими площинами пересувають вниз плунжери 14, які планками 2 затискають в призмах оброблювані заготовки. При зворотному русі клинів пружини 15 переміщують плунжери 14 вгору і звільняють заготовки від затискачів.

Кут клина, що дорівнює 10° , збільшує силу дії циліндрів в 3,3 рази (з урахуванням втрат на тертя в клиновому механізмі). Завдяки опорним роликам 16 і 10 ККД клинового механізму зростає на 30%. Рухоме з'єднання клинів зі штоком циліндрів не вимагає точного розточування отворів під осі роликів 10 і складної підготовки роликів і клинів для забезпечення їх торкання.

Хід плунжерів становить 8 ... 14 мм, що дозволяє (не повертаючи планки 2) встановлювати і знімати оброблювані заготовки при крайньому верхньому положенні планок; ролики 16 при цьому впираються в площину клинів. Для установки фрез до корпусу пристосування встановлено шаблон 11.

На рис. 2.14. показана конструкція поворотного пневматичного пристосування для фрезерування в заготовці пазів, розташованих під кутом 90° .

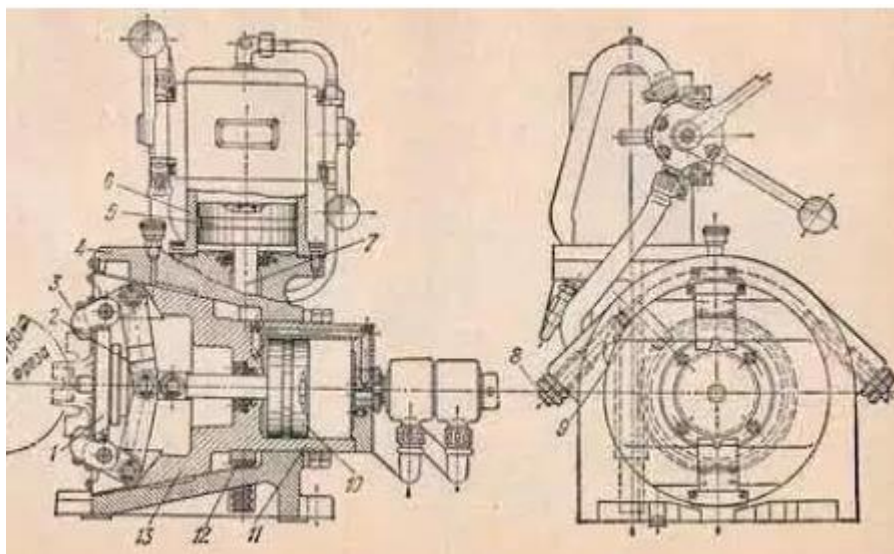


Рис.2.14.

					МВ-7114мп.МД000.000 ПЗ	Арк
Зм.	Арк	№ докум.	Підп.	Дата		50

Пневматичне пристосування складається з корпусу 4, посадкового пальця 1, затискних важелів 3, траверси 2, поворотного корпусу 13 з пневмоциліндром 11, зубчастого колеса 12, пневмоциліндра 6 і штока-рейки 7.

Після установки оброблюваної заготовки на посадковий палець 1 включають циліндр 11. Стиснуте повітря під час вступу до правої порожнини циліндра переміщує поршень 10 вліво. За допомогою траверси 2 поршень 10 притискає оброблювану заготовку важелями 3 до торця посадкового пальця 1.

Після фрезерування першого паза і повернення пристосування у вихідне положення включається другий пневмоциліндр 6; стиснуте повітря під час вступу до верхньої порожнини циліндра 6 переміщує поршень 5 і шток-рейку 7 вниз. При цьому зубчасте колесо 12, жорстко посаджене в поворотному корпусі 13, повертає корпус на 90° до упору штифта 9 в регульований штифт 8. Після фрезерування другого паза циліндр 11 відключається, оброблена заготовка звільняється від затиску і її знімають з пристосування.

На рис. 2.15. приведена конструкція пневматичного двомісного пристосування, яке не тільки зтискає, а й перемішає оброблювану заготовку до зіткнення з опорами.

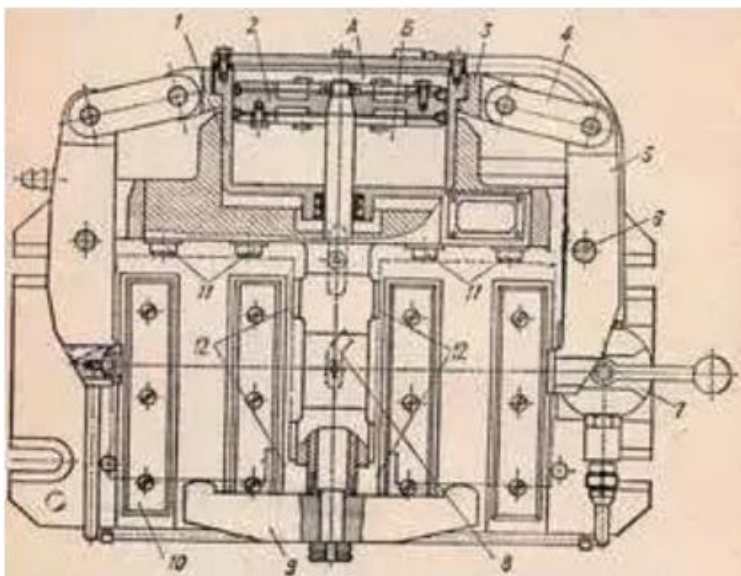


Рис.2.15.

					МВ-7114мп.МД000.000 ПЗ	Арк
Зм.	Арк	№ докум.	Підп.	Дата		51

Оброблювані заготовки встановлюють на чотири опорні планки 10 і притискають до планок 12 і штирів 11. Затискна сила збільшується рухомим пневмоциліндром 1, розташованому в корпусі пристосування. На корпусі пристосування знаходиться хомут 3, який пов'язаний шарніром з тягами 4, що повертають прихвати 5 навколо нерухомих осей 6 при переміщенні циліндра. На шток поршня 2 циліндра посаджений Т-подібний прихват 9, в стрижні якого є гвинтовий паз 8.

При включенні розподільного крана 7 стиснене повітря надходить в порожнину А пневматичного циліндра і переміщує циліндр і поршень зі штоком в протилежні сторони, забезпечуючи можливість установки оброблюваних заготовок у пристосуванні. При русі циліндра хомут 3 і тяга 4 відводять в сторони прихвати 5. Переміщення штока з поршнем викликає відведення з одночасним поворотом на 90 ° Т-подібного прихвата 9.

Після установки оброблюваних заготовок стиснене повітря надходить розподільним краном в робочу порожнину Б пневмоциліндра, а з порожнини А - в атмосферу. В цьому випадку циліндр і шток з поршнем переміщаються в зворотному напрямку, причому прихват 9, повертаючись на 90 °, займає горизонтальне положення і доводить оброблювану заготовку до упору зі штирями 11, а бічні прихвати 5 затискають заготовку.

При обробці заготовок масового застосування використовують пневматичні пристосування з автоматизованим управлінням. На рис. 2.16. показана конструкція пневматичного пристосування для фрезерування шестигранника з автоматичним кріпленням і поворотом оброблюваної заготовки. Пристосування встановлюють на спеціальному столі, верхня частина якого може переміщатися за допомогою зубчастого колеса і рейки від рукоятки 14. У середній частині шпинделя знаходиться ділильний механізм з приводом від пневмоциліндра 11. Заготовку затискають в цанзі 1, керованої від

					МВ-7114мп.МД000.000 ПЗ	Арк
Зм.	Арк	№ докум.	Підп.	Дата		52

пневмоциліндра 3, встановленого на обертовому шпинделі 2 пристосування.

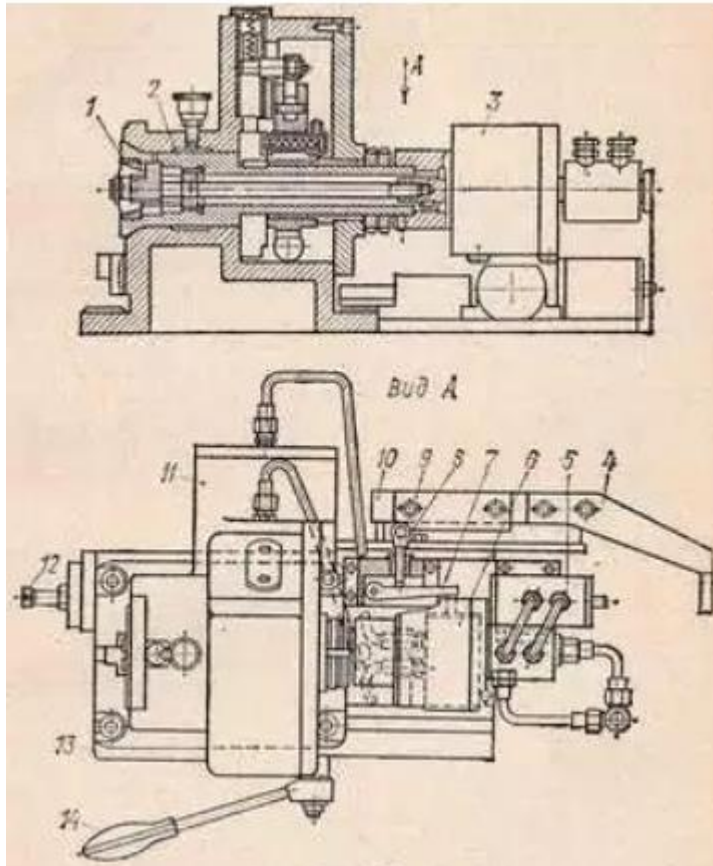


Рис.2.16.

На рухомій плиті 13 столу змонтовані золотник 5 для управління циліндром 3 і золотник 6 для керування циліндром 11, на нерухомій частини столу - кронштейн 10, до якого прикріплений копір 9, і упор 4. При повороті рукоятки 14 за годинниковою стрілкою кінець плунжера золотника 5 впирається в упор 4 і направляє стиснене повітря в праву порожнину пневмоциліндра 3 - цанга розтискається для установки заготовки. При повороті рукоятки 14 проти годинникової стрілки плунжер золотника 5, відходячи від упору 4 під дією пружини, направляє стиснене повітря в ліву порожнину циліндра 3, при цьому цанга затискає оброблювану заготовку. Пристосування в цьому випадку переміщається вліво до фрез. Коли пристосування досягне упору 12, здійснюється робоча подача. Після фрезерування лівої пари граней пристосування відводять вправо, при цьому копір 9

					МВ-7114мп.МД000.000 ПЗ	Арк
Зм.	Арк	№ докум.	Підп.	Дата		53

віджимає плунжер 8, перемикаючи важелем 7 плунжер золотника 6, який направляє стиснене повітря в ліву порожнину циліндра, повертаючи шпindel пристосування в таке становище. При подачі пристосування вліво, до фрез, плунжер 8 відводиться від копіра 9, а плунжер золотника 6 повертається у вихідне положення під дією пружини; при цьому стиснуте повітря спрямовується в праву порожнину циліндра 11 і, пересуваючи поршень, вводить в дію ділильний механізм повороту шпинделя. При подальшому русі рукоятки 14 здійснюється фрезерування останньої пари граней і пристосування відводиться вправо, поки плунжер золотника 5 не дійде до упору 4, розтуляючи при цьому цангу 1.

					МВ-7114мп.МД000.000 ПЗ	Арк
Зм.	Арк	№ докум.	Підп.	Дата		54

3. РОЗРАХУНОК МЕХАНІЗМІВ ПРИСТРОЮ ЗМІНИ ІНСТРУМЕНТІВ

3.1. РОЗРАХУНОК МЕХАНІЗМУ ОРІЄНТАЦІЇ

У даному перевірочного розрахунку визначається необхідний тиск в порожнині гідроциліндра механізму орієнтації для повороту шпинделя в фіксоване положення, що забезпечує надійність установки інструменту в шпиндель.

3.1.1. ВИЗНАЧЕННЯ КРУТНОГО МОМЕНТУ МУФТИ МЕХАНІЗМУ ОРІЄНТАЦІЇ.

Потрібний крутний момент шпинделя для його орієнтації:

$$M_{кр.ш}=9Н\cdot м.$$

Крутний момент муфти:

$$M_{кр.м} = M_{кр.ш} \cdot \eta_k \cdot \eta_{ц} \cdot i_k \cdot i_{ц}$$

де: η_k - ККД конічної передачі = 0,96;

$\eta_{ц}$ - ККД циліндричної передачі = 0,97;

$i_k, i_{ц}$ - передавальне відношення конічної і циліндричної передач.

					МВ-7114мп.МД000.000 ПЗ	Арк
Зм.	Арк	№ докум.	Підп.	Дата		55

3.1.2. ВИЗНАЧЕННЯ СИЛИ $F_{окр}$ ВПЛИВУ РОЛИКА НА МУФТУ, ДЛЯ ПОВІДОМЛЕННЯ ЇЇ $M_{кр}$

$$F_{окр} = \frac{M_{кр.м}}{r} :$$

де r - відстань від осі механізму орієнтації до точки А дотику ролика з поверхнею муфти (рис.3.1.), $r=0.315$ м.

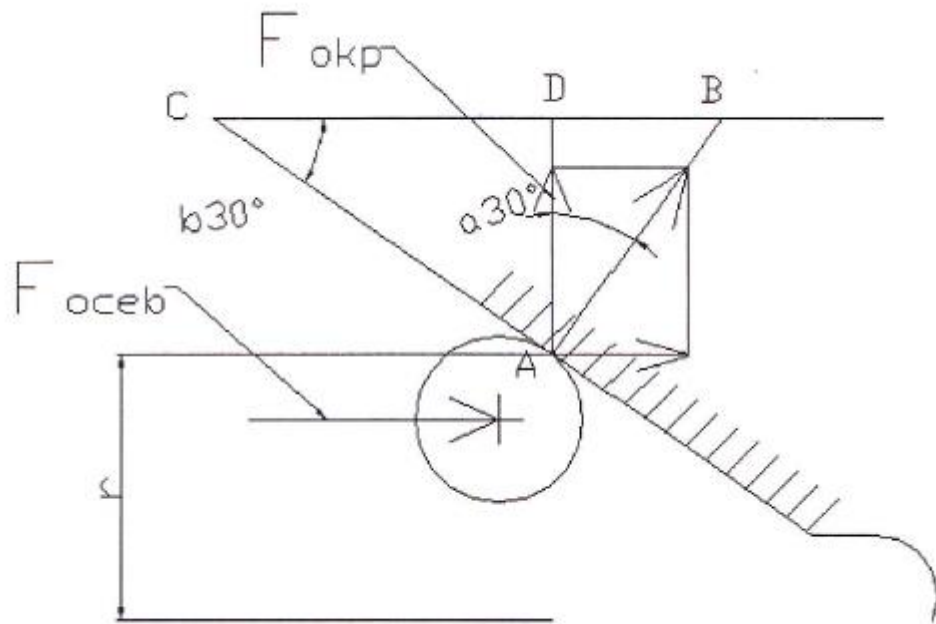


Рис. 3.1. Передача роликом крутного моменту муфти.

3.1.3. ВИЗНАЧЕННЯ СИЛИ $F_{ос}$, СТВОРЮВАНОЇ ГІДРОЦИЛІНДРОМ НА РОЛИКУ

$$F_{окр} = \frac{F_{ос}}{\operatorname{tg} \alpha}$$

$$F_{ос} = F_{окр} \cdot \operatorname{tg} \alpha$$

де $\alpha = 60^\circ$ - з трикутників ABC і ABD (рис. 5.1.2.1.).

$$F_{ос} = 266 \cdot \operatorname{tg} 60^\circ = 461 \text{ Н}$$

					МВ-7114мп.МД000.000 ПЗ	Арк
Зм.	Арк	№ докум.	Підп.	Дата		56

3.1.4. ВИЗНАЧЕННЯ РОБОЧОГО ТИСКУ В КАМЕРІ ГІДРОЦИЛІНДРА МЕХАНІЗМУ ОРІЄНТАЦІЇ

$$F_{oc} = P_p \cdot S_{ц}$$

де:

P_p — робочий тиск необхідне для створення сили F_{oc} ;

$S_{ц}$ - -робоча площа циліндра:

$$S_{ц} = \pi(R_n^2 - R_{ш}^2) = 3,14 \cdot (0,01252^2 - 0,00082^2) = 0,000289\text{м}^2$$

R_n – радіус поршня;

$R_{ш}$ – радіус штока.

Висновок. Тиск у гідросистемі верстата дозволяє розвинути необхідну зусилля для орієнтації шпинделя. Кут нахилу пазів муфти обраний правильно.

3.2.ВИЗНАЧЕННЯ ОСНОВНИХ ПАРАМЕТРІВ ГІДРОМОТОРА

Визначаємо необхідні потужність і момент гідромотора: за швидкістю каретки; за швидкістю повороту захоплення. Так як замінний електродвигун використовувався для переміщення каретки і повороту захоплення.

3.2.1 ВИЗНАЧЕННЯ НЕОБХІДНОЇ ЧАСТОТИ ОБЕРТАННЯ

ВАЛА ГІДРОМОТОРА ПРИ ПЕРЕМІЩЕННІ КАРЕТКИ

Знаходимо частоту обертання валу гідромотора, необхідну для переміщення каретки, виходячи з кінематичного ланцюга для

					МВ-7114мп.МД000.000 ПЗ	Арк
Зм.	Арк	№ докум.	Підп.	Дата		57

переміщення каретки, за формулою:

$$n_{\text{ГМ}} = \frac{V_{\text{кар}}}{\frac{Z_1}{Z_2} \cdot \frac{Z_3}{Z_4} \cdot \pi \cdot d_{\text{рш}}},$$

де: $V_{\text{кар}}$ - швидкість переміщення каретки ($V_{\text{кар}} = 0,4 \text{ м / с}$)

Z_1, Z_2, Z_3, Z_4 - зубчасті колеса з відповідною кількістю зубів,

які вказані в технічному паспорті маніпулятора зміни

інструменту (16; 21; 14; 21);

$d_{\text{рш}}$ - діаметр ділильний кола рейкової шестірні;

$d_{\text{рш}} = 0,04 \text{ м}$.

$$n_{\text{ГМ}} = \frac{0,4}{\frac{16}{21} \cdot \frac{14}{21} \cdot 3,14 \cdot 0,04} = 6,25 \text{ с}^{-1} = 375 \text{ хв}^{-1}.$$

3.2.2. ВИЗНАЧЕННЯ МОМЕНТУ НА ВАЛУ

ГІДРОМОТОРА ПРИ ПЕРЕМІЩЕННІ КАРЕТКИ

Для визначення моменту на валу гідромотора при переміщенні каретки зі швидкістю $V_{\text{кар}} = 0,4 \text{ м/с}$, допустимим часом розгону $t_{\text{розг}} = 0,25 \text{ с}$ і масі рушійних частин $m = 50 \text{ кг}$ (дані з технічного паспорта автооператора) розрахуємо силу, необхідну для розгону каретки, за формулою,

					МВ-7114мп.МД000.000 ПЗ	Арк
Зм.	Арк	№ докум.	Підп.	Дата		58

$$F_{розг} = \frac{m \cdot a_{розг.}}{\eta_M},$$

$$\text{де } a_{розг} = \frac{V_{кар}}{t_{розг}} = \frac{0,4}{0,25} = 1,6 \text{ м/с}^2,$$

$\eta_M = 0,7$ - механічний ККД приводу каретки.

$$\text{Тоді } F_{розг.} = \frac{50 \cdot 1,6}{0,7} = 114 \text{ Н}$$

Момент на рейкової шестірні

$$M_p = F \frac{d_{рш}}{2} = 114 \cdot \frac{0,04}{2} = 2,28 \text{ Н·м}$$

Так як момент на рейці шестерні можна знайти ще однією формулою

$$M_p = M_{з\delta} \frac{1}{\frac{Z}{Z} \cdot \frac{Z}{Z}}$$

де: Z,Z,Z,Z зубчасті колеса з відповідною кількістю зубів, які вказані в технічному паспорті маніпулятора (16; 21; 14; 21).

З цієї формули знаходимо момент гідромотора

$$M_{з\delta} = \frac{M_p}{\frac{Z}{Z} \cdot \frac{Z}{Z}} = \frac{2,28}{\frac{21}{16} \cdot \frac{21}{14}} = 1,16 \text{ Н·м}$$

Так як вже знайшли момент гідромотора то з формули:

$$M_{з\delta} = \frac{\Delta p \cdot V_0}{2\pi} \cdot \eta_M$$

					МВ-7114мп.МД000.000 ПЗ	Арк
Зм.	Арк	№ докум.	Підп.	Дата		59

знаходимо потрібний робочий об'єм для гідромотора за формулою:

$$V_0 = \frac{2\pi \cdot M_{\text{зд}}}{\Delta p \cdot \eta_m},$$

де $\eta_m = 0,85$

Δp - перепад тисків на гідромоторах, $\Delta p = p_p - p_{\text{пот}} = 1 - 0,1 = 0,9 \text{ МПа}$,
 p_p - тиск налаштування редуційного клапана,
 $p_p = 1,0 \text{ МПа}$, $p_{\text{втр}}$ - втрати тиску в місцевих опорах і по довжині трубопроводів, $p_{\text{втр}} = 0,1 \text{ МПа}$.

Після підстановки в формулу отримуємо значення необхідного робочого об'єму гідромотора

$$V_0 = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 1,16}{0,9 \cdot 10^6 \cdot 0,85} = 9,52 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3$$

По каталогу гідрообладнання (Свєшніков В. К., Усов А. А. «Верстатні Гідроприводи») вибираємо аксіально-поршневий гідромотор типу Г15-21Н з робочим об'ємом $V_0 = 11,2 \text{ см}^3$.

Для гідромоторів типу Г15-21Н з робочим об'ємом $V_0 = 11,2 \text{ см}^3$ визначаємо необхідний витрата для забезпечення необхідної частоти обертання гідромотора $n_{\text{ГМ}} = 375 \text{ мін}^{-1}$

$Q_{\text{ГМ}} = V_0 \cdot n_{\text{ГМ}} = 11,2 \cdot 375 = 4200 \text{ см}^3/\text{хв} = 4,2 \text{ л/хв}$, що цілком забезпечується насосом гідростанції верстата

3.3. РОЗРАХУНОК ЧАСУ СПРАЦЬОВУВАННЯ МЕХАНІЗМІВ АВТООПЕРАТОРА.

3.3.1. ВИЗНАЧЕННЯ ЧАСУ СПРАЦЬОВУВАННЯ ПОРШНЯ АВТООПЕРАТОРА ДЛЯ ПЕРЕМІЩЕННЯ ЗАХВАТУ.

					МВ-7114мп.МД000.000 ПЗ	Арк
Зм.	Арк	№ докум.	Підп.	Дата		60

Розрахунок часу проводиться виходячи з даних взятих в технічному паспорті автооператора:

S-довжина хід поршня автооператора для переміщення ухоплення, $S = 176$ мм;

$a = 4$ м/с² -прискорення при гальмуванні (задається технічними умовами) ,

$S_T = 10$ мм-гальмівний шлях (Довжина гальмівної втулки - конструктивний розмір).

Оскільки заданий гальмівний шлях,

$$S_T = \frac{a \cdot t_T^2}{2}$$

$$\text{знаходимо } t_T = \sqrt{\frac{2 \cdot S_T}{a}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 0,01}{4}} = 0,07$$

$$t_{осн} = \frac{S \cdot S_T}{V_{осн}} = \frac{0,176 - 0,010}{0,12} = 1,38 \text{ с}$$

де $V_{осн}$ - задана швидкість усталеного руху поршня,
 $V_{осн} = 0,12$ м/с.

Час спрацювання

$$t_{сраб} = t_{осн} + t_T = 1,338 + 0,07 = 1,45 \text{ с}$$

3.3.2.ВИЗНАЧЕННЯ ЧАСУ ПОВОРОТУ ЗАХВАТУ.

Поворот забезпечує вже обраним аксіально-плунжерним гідромотором типу Г15-21Н при включенні електричної муфти 7, до кінематичного ланцюга (гідродвигун - муфта - черв'ячна (Ø32- 6=26) - черв'ячна шестерня (Ø96,6) - конічна зубчаста передача)

					МВ-7114мп.МД000.000 ПЗ	Арк
Зм.	Арк	№ докум.	Підп.	Дата		61

$$\frac{z_{\text{кон1}}}{z_{\text{кон2}}} \left(\frac{25}{50} \right)$$

з передавальним відношенням

$$i = \frac{26}{96,6} \cdot \frac{25}{50} = 0,134$$

частота обертання валу гідродвигуна $n_{\text{гд}} = 375 \text{ хв}^{-1} = 6,2 \text{ с}^{-1}$

$$mg = 12 \cdot 9,8 = 117,6 \text{ Н.}$$

де m – маса заготовки (12 кг)

$$M_{\text{захв}} = mg \cdot R$$

де R - відстань від центру моменту до кінця захвата

$$M_{\text{захв}} = 117,6 \cdot 0,28 = 33 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Для забезпечення такого моменту необхідно, щоб на валу гідромотора створювався наступний момент

$$M_{\text{здл}} = M_{\text{захв}} \cdot i = 33 \cdot 0,134 = 4,41 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Частота повороту захвату.

Швидкість повороту захоплень при частоті обертання вала гідромотора $n_{\text{гд}} = 375 \text{ хв}^{-1}$

$$n_{\text{захв}} = n_{\text{гд}} \cdot i = 375 \cdot 0,134 = 50,4 \text{ об/мин} = 0,84 \text{ с}^{-1}.$$

Час повного повороту (360°) захоплень

$$t'_{\text{п}} = 1/n_{\text{захв}} = 1/0,84 \approx 1,2 \text{ с.}$$

Час повороту на 180° , що має місце при роботі автооператора, становить

$$t_n = t'_{\text{п}} / 2 = \frac{1,2}{2} = 0,6 \text{ с.}$$

					МВ-7114мп.МД000.000 ПЗ	Арк
Зм.	Арк	№ докум.	Підп.	Дата		62

3.3.3.ВИЗНАЧЕННЯ ЧАСУ СПРАЦЮВАННЯ АВТООПЕРАТОРА

Базою для розрахунку є Циклограма роботи механізмів автооператора, а також механізмів верстата та магазину інструментів, які включені в робочий цикл при заміні інструментів.

- час переміщення каретки від шпинделя до позиції очікування і від позиції до магазину інструментів і навпаки - 1с
- час повороту захоплень на 180° - 0,6 с
- час висунення захоплень - 1,45 с
- час повороту магазину на максимальний кут (180°)- 0,79с

Для приводів механізму магазину обраний також аксіально-поршневий гідромотор (тип Е15-21Н).

3.4. РОЗРАХУНОК ПРИВОДУ ІНСТРУМЕНТАЛЬНОГО МАГАЗИНУ

3.4.1.ВИЗНАЧЕННЯ ЧАСТОТИ ОБЕРТАННЯ ГІДРОМОТОРА ПРИВОДУ ІНСТРУМЕНТАЛЬНОГО МАГАЗИНУ

Дані для розрахунку:

Робочий об'єм гідромотора тип Е15-21Н $V_0 = 11,2 \text{ см}^3$
 $= 11,2 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3$

За циклограмою є такт, в якому одночасно працюють обидва гідромотора - магазину і переміщення каретки.

При номінальній подачі насоса (Г12-31м) - $Q_H = 9,7 \text{ л/хв}$ і витраті гідромотора каретки ($Q_{ГДкар} = 4,2 \text{ л/хв}$ на частку гідромотора магазину доводиться:

$$Q_{ГДмах} = Q_H - Q_{ГДкар} = 9,7 - 4,2 = 5,5 \frac{\text{л}}{\text{хв}} = 5,5 \cdot \frac{10^{-3} \text{ м}^3}{\text{хв}}.$$

З урахуванням втрат (повний ККД гідромотора $\eta = 0,87$) така витрата забезпечує частоту обертання валу другого гідромотора.
 Тоді частота обертання магазину інструментів буде:

					МВ-7114мп.МД000.000 ПЗ	Арк
Зм.	Арк	№ докум.	Підп.	Дата		63

$$n_{\text{маг}} = n_{\Gamma\text{Ммаг}} = 38,1 \text{ хв}^{-1} = 0,635 \text{ с}^{-1}$$

3.4.2. ВИЗНАЧЕННЯ ЧАСУ ОБЕРТАННЯ БАРАБАНА

Визначаємо час повного обороту барабана:

$$T_{\text{пов}} = \frac{1}{n_{\text{маг}}} = \frac{1}{0,635} = 1,574 \text{ с.}$$

Максимальний час пошуку інструменту при повороті на 180° , тому найбільший час повороту:

$$t_{\text{max}} = \frac{T_{\text{пов}}}{2} = \frac{1,574}{2} = 0,79 \text{ с.}$$

Мінімальний час пошуку інструменту при повороті на 30° :

$$t_{\text{min}} = \frac{t_{\text{max}}}{6} = \frac{1,574}{6} = 0,26 \text{ с.}$$

Висновок: Обраний гідромотор типу Г15-21 відповідає вимогам лімітування часу пошуку інструменту, що відводиться йому діями інших механізмів автоматичної зміни інструменту.

3.5. ВИЗНАЧЕННЯ НЕОБХІДНОЇ ПОДАЧІ НАСОСНОЇ УСТАНОВКИ ГІДРОСИСТЕМИ МАНІПУЛЯТОРА

Аналіз роботи механізмів маніпулятора показує, що максимальні витрати робочої рідини мають місце при спрацьовуванні механізму висунення захоплень автооператора. Так як $V_{\text{очн}} = 0,12 \text{ м/с}$,

$$\text{то } Q_{\Gamma\text{Цмаг}} = \frac{\pi D^2}{4} V_{\text{очн}} = \frac{3,14 \cdot 0,04^2}{4} \cdot 0,12 = 1,5 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3/\text{с} = 9,048 \text{ л/хв}$$

Насос, який використовується для живлення гідросистеми маніпулятора, забезпечує подачу $Q_{\text{н}} = 8 \text{ л/хв.}$, що не достатньо для необхідних швидкостей механізмів маніпулятора. Значить

необхідно вибрати більш продуктивний насос: типу Г12-3ІМ з номіналом по тиску $P_{\text{ном}} = 6,3 \text{ МПа}$ і номінальною подачею $Q_{\text{н}} = 9,7 \text{ л/хв}$, з об'ємним ККД – $\eta_{\text{об}} = 0,81$.

					МВ-7114мп.МД000.000 ПЗ	Арк
Зм.	Арк	№ докум.	Підп.	Дата		64

3.6.РОЗРАХУНОК МЕХАНІЗМУ ВІДЖИМУ ІНСТРУМЕНТУ У ШПИНДЕЛІ ВЕРСТАТА.

Процес затиску і віджиму.

Вихідні дані:

Величини переміщень, мм:

- хід поршня повний 5,5
- хід поршня для звільнення захоплення - 5
- хід поршня при виштовхуванні хвостовика інструменту - 0,5

Зусилля затяжки хвостовика попереднє $F_{зат} = 15$ кН Розміри гідроциліндра.

Затягування хвостовика забезпечується пакетом тарілчасті пружин.

Розміри пружин задаються з креслення (див. лист Механізм орієнтації):

$$D = 10 \text{ мм}; d = 40 \text{ мм}; t = 4 \text{ мм}; h = 5,5 \text{ мм}$$

По характеристиці пружини: максимальна деформація $f_m = 1,5$ мм при зусиллі $F_m = 31$ кН.

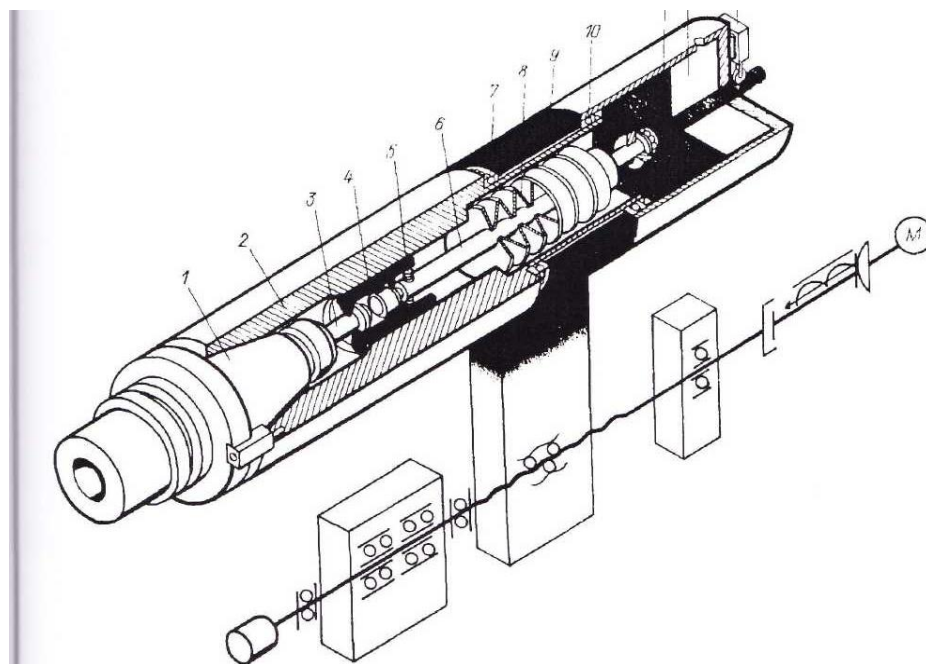


Рис.3.2. Механізм кріплення і затиску інструментальних оправок в гнізді шпинделя

За графіком знаходимо величину деформації однієї пружини f , при попередньому підтискаючи $f_n = 0,7$ мм.

					Арк
Зм.	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	65
МВ-7114мп.МД000.000 ПЗ					

Обмежимо величину найбільшою деформації пружини значенням

$$f_{\max}=1,35 \text{ мм} < f_m=1,5 \text{ мм}$$

Тоді при спрацьовуванні механізму віджиму величина деформації однієї тарілчастий пружини складає

$$f = f_{\max} - f_p = 1,35 - 0,7 = 0,65 \text{ мм}$$

Для забезпечення необхідних переміщень, пов'язаних із звільненням хвостовика оправки та її виштовхування необхідно встановити пакет тарілчасті пружин, кількість яких буде рівна 8шт. Визначаємо найбільше зусилля стиснення пакету пружин в кінці процесу виштовхування (знаходимо за графіком) для деформації $f_{\max} = 1,35 \text{ мм}$.

$$F_{\max}=28 \text{ кН.}$$

					МВ-7114мп.МД000.000 ПЗ	Арк
Зм.	Арк	№ докум.	Підп.	Дата		66

3.7. РОЗРАХУНОК ШПИНДЕЛЬНОГО ВУЗЛА

3.7.1. ОСНОВНІ ВИМОГИ ДО ШПИНДЕЛІВ

Шпинделі служать для закріплення й обертання заготовок або різального інструменту й забезпечують задане положення їх стосовно інших вузлів верстата. Для забезпечення необхідної точності верстата в межах необхідного терміну служби до шпиндельних вузлів верстаті пред'являють в наступні основні вимоги:

- 1) точність обертання вимірювана биттям на передньому кінці шпинделя в радіальному чи осьовому напрямках;
- 2) твердість шпиндельного вузла, обумовлена по пружних переміщеннях переднього кінця шпинделя, обумовленим піддатливістю власне шпинделя і його опор; радіальна й осьова твердість шпиндельного вузла істотно впливає на точність обробки;
- 3) вібростійкість шпиндельного вузла;
- 4) довговічність шпиндельних вузлів, що зв'язана з довговічністю опор шпинделя;
- 5) обмеження тепловиділення і температурних деформацій шпиндельного вузла, що сильно впливають на точність обробки;

За умовами роботи шпинделі можуть бути розділені на наступні групи:

1) шпинделі, що піддаються згинальним і крутним впливам (токарських, фрезерних, шліфувальних і інших верстатів); 2) шпинделі, піддані переважно крутним впливам і тому мало впливають на точність і переважно шорсткість оброблюваних поверхонь (свердлильних, різьбонарізних, притирочних верстатів).

Вирішальними факторами, що визначають вибір матеріалу шпинделя, є твердість і зносостійкість робочих шийок, базуючих поверхонь фланців і стабільність розмірів і форми шпинделя в процесі його виготовлення і роботи.

Для шпиндельних верстатів нормальної й підвищеної точності (Н і П), установлені в підшипниках кочення, у якості основного методу зміцнення рекомендується поверхневе загартування з індукційним нагріванням до твердості HRC 48 – 56. Ця твердість забезпечується при виготовленні

					МВ-71 14мп.МД000.000 ПЗ	Арк
Зм.	Арк	№ докум.	Підп.	Дата		67

шпинделів зі сталей марок 40Х 45, 50.

В більшості металорізальних верстатах шпиндельні опори являють собою підшипники кочення різних видів.

3.7.2. РОЗРАХУНОК ШВ

Вихідні дані:

$$l = 380 \text{ мм}; a = 76 \text{ мм}.$$

За значенням параметру швидкохідності $K_v = dn_{max}$, обираємо компоновочну схему ШВ – тип, кількість, розташування підшипників.

$$\text{Швидкохідність} - (d \cdot n) \cdot 10^5 = 2,2 \text{ мм} \cdot \text{хв}^{-1}$$

Уточнюємо швидкісний параметр ШВ, в залежності від конструктивних умов.

Для цього попередньо обираємо тип змащування, оцінюємо навантаженість верстата, клас жорсткості верстата, тип попереднього натягу.

Максимально припустиму частоту обертання підшипників приймаємо для попередніх розрахунків $[n_{max}] = n_k \gamma$, де n_k – припустима частота обертання за каталогом;

$\gamma = 0,8$ – коефіцієнт, що враховує умови теплопередачі та якість монтажу

Шпиндель з опорами є зазвичай статично невизначеною системою, навантаженою зовнішніми зусиллями (сіли різання та зусилля від приводу) та внутрішніми (теплові, кінематичні, монтажні).

Розрахункова схема відображає навантаження, які діють на шпиндельний вузол, елементи, що сприймають це навантаження (опори ШВ), параметри, що характеризують розташування елементів розрахункової схеми та властивості цих елементів (розміри, жорсткість, тощо)

Для попередніх розрахунків шпиндель розглядають як статично визначену балку східчасто-змінного перерізу опорах, при цьому з усіх опор обирають найвіддаленіші одна від одної. Тип опор на розрахунковій схемі обирають в залежності від типу та компоновки підшипників

					МВ-7114мп.МД000.000 ПЗ	Арк
Зм.	Арк	№ докум.	Підп.	Дата		68

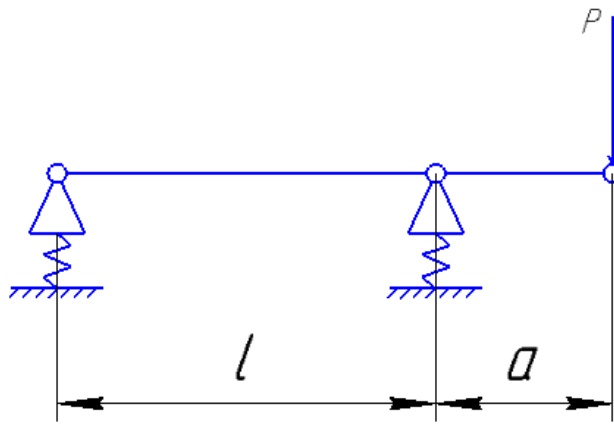


Рис. 14. Схема навантаження шпинделя

3.7.2.1. Розрахунок жорсткості опор

Жорсткість вузла шпинделя визначає продуктивність і точність обробки заготовки. Відстань між опорами визначає металоємність шпинделя і його собівартість.

Визначаємо реакції в передній R_1 та задній R_2 опорах відповідно.

Реакція передньої опори

$$R_1 = \frac{P \cdot (a + l)}{l} = \frac{4000 \cdot (76 + 380)}{380} = 4,8 \text{ кН};$$

Реакція задньої опори

$$R_2 = \frac{P \cdot a}{l} = \frac{4000 \cdot 76}{380} = 1,01 \text{ кН};$$

Жорсткість передньої (задньої) опори на підшипниках кочення :

$$C_{r1} = \frac{R_1}{\delta_r' + \delta_r''}; \quad C_{r2} = \frac{R_2}{\delta_r' + \delta_r''};$$

де δ_r', δ_r'' – пружне зближення тіл кочення та кілець підшипників і контактне зближення на посадочних поверхнях підшипника, шпинделя і корпусу.

$\delta_r = (\delta_r' + \delta_r'') = k_{ш} \cdot R^{\frac{2}{3}}$; де $k_{ш}$ – коефіцієнт піддатливості.

$$k_{\text{ш}} = 10^{-4}(0,7 - 0,02 \cdot 90) = 0,000058 \text{ см} \cdot \text{кгс}^{-\frac{2}{3}};$$

$$\delta_{r1} = (\delta_r' + \delta_r'') = k_{\text{ш}} \cdot R_1^{\frac{2}{3}} = 0,000058 \cdot 4,8^{\frac{2}{3}} = 0,00016;$$

$$\delta_{r2} = (\delta_r' + \delta_r'') = k_{\text{ш}} \cdot R_2^{\frac{2}{3}} = 0,000058 \cdot 1,01^{\frac{2}{3}} = 0,0000583;$$

Жорсткість передньої опори :

$$C_{r1} = \frac{R_1}{\delta_r' + \delta_r''} = \frac{4800}{0,00016} = 0,3 \cdot 10^5 \text{ кН/мм}$$

Жорсткість задньої опори [11,7]:

$$C_{r2} = \frac{R_2}{\delta_r' + \delta_r''} = \frac{1010}{0,0000583} = 0,17 \cdot 10^5 \text{ кН/мм}$$

Визначаємо піддатливість передньої опори:

$$e_1 = \frac{1}{C_{r1}} = \frac{1}{0,3 \cdot 10^5} = 0,03 \cdot 10^{-7} \text{ мм/кН};$$

Визначаємо піддатливість задньої опори:

$$e_2 = \frac{1}{C_{r2}} = \frac{1}{0,17 \cdot 10^5} = 0,058 \cdot 10^{-7} \text{ мм/кН};$$

3.7.2.2.Визначення радіального переміщення переднього кінця шпинделя

$$y = y_{\text{ш}} + y_{\text{но}} + y_{\text{зс}}$$

де $y_{\text{ш}}, y_{\text{но}}, y_{\text{зс}}$ — радіальне переміщення, що виникає під дією згину шпинделя, піддатливістю опор та зсуву дії поперечних сил (величиною $y_{\text{зс}}$ можна знехтувати, так як вона не перевищує 3 – 6 % від y , тому:

$$y = y_{\text{ш}} + y_{\text{но}};$$

Радіальне переміщення від згину шпинделя :

$$y_{\text{ш}} = \frac{P \cdot a^2}{3E} \left[\frac{a}{J_2} + \frac{l(1 - E_3)}{J_1} \right],$$

де E — модуль пружності, $E = 2,1 \cdot 10^{11} \text{ Па}$; J_1, J_2 — осьові моменти інерції відповідно міжопорної частини та передньої консолі;

					МВ-7114мп.МД000.000 ПЗ	Арк
Зм.	Арк	№ докум.	Підп.	Дата		70

$$J = \frac{\pi \cdot d^4}{64} \cdot \left[1 - \left(\frac{d_0}{d} \right)^4 \right],$$

Осьовий момент інерції міжопорної частини:

$$J_1 = \frac{\pi \cdot 85^4}{64} \cdot \left[1 - \left(\frac{48}{85} \right)^4 \right] = 2304983,8 \text{ мм}^4;$$

Осьовий момент інерції передньої консолі:

$$J_2 = \frac{\pi \cdot 95^4}{64} \cdot \left[1 - \left(\frac{48}{95} \right)^4 \right] = 3736420,15 \text{ мм}^4;$$

Радіальне переміщення під дією згину шпинделя:

$$y_{ш} = \frac{P \cdot a^2}{3E} \left[\frac{a}{J_2} + \frac{l(1 - E_3)}{J_1} \right] = \frac{4000 \cdot 85^2}{3 \cdot 2,1 \cdot 10^5} \cdot \left[\frac{85}{2304983,8} + \frac{380 \cdot (1 - 0,4)}{3736420,15} \right] =$$

$$= 4,48 \cdot 10^{-5} \text{ мм}$$

Визначаємо піддатливість опор:

$$y_{он} = P \left\{ e_1 \left[\frac{a \cdot (1 - E_3) + l^{-2}}{l} \right] + e_2 \cdot (1 - E_3) \cdot \left(\frac{a}{l} \right)^2 \right\} =$$

$$= 4000 \cdot \left\{ 0,03 \cdot 10^{-7} \left[\frac{85 \cdot (1 - 0,4) + 380}{380} \right]^2 + 0,058 \cdot 10^{-7} \cdot (1 - 0,4) \cdot \right.$$

$$\left. \cdot \left(\frac{85}{380} \right)^2 \right\} = 1,6 \cdot 10^{-5} \text{ мм}$$

Радіальне переміщення переднього кінця шпинделя:

$$y = y_{ш} + y_{он} = 4,48 \cdot 10^{-5} + 1,6 \cdot 10^{-5} = 6,08 \cdot 10^{-5} \text{ мм.}$$

Припустимий прогин $[y]$ кінця шпинделя можна визначити з досліду експлуатації верстатів чи приймати на рівні 1/3 припустимого биття кінця шпинделя за нормами точності верстатів.

В нашому випадку $[y] = \frac{5}{3} = 1,67 \text{ мкм};$

Умова жорсткості шпиндельного вузла виконується.

Визначаємо загальну радіальну податливість:

$$l_p = \frac{y}{P} = \frac{6,08 \cdot 10^{-5}}{4000} = 1,52 \cdot 10^{-8} \text{ мм/Н}$$

					МВ-7114мп.МД000.000 ПЗ	Арк
Зм.	Арк	№ докум.	Підп.	Дата		71

3.7.2.3.Визначення радіального биття передньої та задньої опори шпинделя

Передньої опори:

$$\delta_A = \frac{\Delta}{6 \cdot \left(1 + \frac{a}{l}\right)} = \frac{0,003}{6 \cdot \left(1 + \frac{85}{380}\right)} = 0,0004 \text{ мм}$$

Задньої опори:

$$\delta_B = \frac{\Delta}{6 \cdot \frac{a}{l}} = \frac{0,003}{6 \cdot \frac{85}{380}} = 0,0022 \text{ мм}$$

де Δ – допуск на радіальне биття кінця шпинделя .

3.2.7.4.Визначення демпфіруючих властивостей шпиндельного вузла

Демпфіруючі властивості шпиндельного вузла можна кількісно оцінити за допомогою логарифмічного декременту коливань $[y]$, які для верстатів токарної групи складають $[y] = 0,40$.

$$\lambda_{ш} = 0,5 \frac{\psi_1 \cdot \psi_2 \cdot l^2}{a^2 \cdot \psi_1 + \psi_2 \cdot (l + a)^2}$$

ψ_1, ψ_2 – відносне розсіювання енергії як в передній так і в задній опорах.

Приймаємо в залежності від типу підшипників $\psi_1 = 0,4$; $\psi_2 = 0,23$.

$$\lambda_{ш} = 0,5 \frac{0,4 \cdot 0,23 \cdot 380^2}{85^2 \cdot 0,4 + 0,23 \cdot (380 + 85)^2} = 0,12$$

$\lambda_{ш} = 0,12 < [\lambda] = 0,27$ – умова демпфірування не виконується

3.7.2.5.Визначення власної частоти обертання шпинделя

Наближений розрахунок власної частоти шпинделя, який не має великих зосереджених мас визначають по формулі [4]:

$$\omega_c = v \sqrt{\frac{EJ}{m(1 + \lambda)^3 a^2}} = 2,4 \sqrt{\frac{2,1 \cdot 10^5 \cdot 2304983,8}{150(1 + 5)^3 \cdot 85^2}} = 179,13 \text{ с}^{-1}$$

де v – коефіцієнт, який для $\lambda = 2,5 - 3,5$ лежить в межах $2,3 - 2,4$;

m – маса шпинделя;

Для уточнення розрахуємо частоту обертання шпинделя:

					МВ-7114мп.МД000.000 ПЗ	Арк
Зм.	Арк	№ докум.	Підп.	Дата		72

$$n = \frac{30\omega}{\pi} = \frac{30 \cdot 179,13}{3,14} = 1711,4 \text{ об/хв},$$

що задовольняє наші умови.

					МВ-7114мп.МД000.000 ПЗ	Арк
Зм.	Арк	№ докум.	Підп.	Дата		73

4.ПРОГРАМУВАННЯ В СИСТЕМІ HEIDENHAIN iTNC 530

4.1. МОЖЛИВОСТІ СИСТЕМИ HEIDENHAIN iTNC 530

Системи ЧПК HEIDENHAIN - це системи управління, що дозволяють проводити обслуговування в цеху і забезпечують можливість дистанційного програмування. Система ЧПК iTNC 530 дозволяє надійно здійснювати як звичайне, так і високошвидкісне фрезерування.

Системи ЧПК HEIDENHAIN універсальні: для будь-якого завдання у них знайдеться відповідний режим програмування.

Програмування на верстаті.

Орієнтованість на роботу в цеху робить можливим програмування оператором безпосередньо на верстаті. Використовуючи програмування відкритим текстом оператор може обійтися без знання спеціальної мови програмування або G-функцій. Написання програми супроводжується простими питаннями і підказками оператору. Також йому допомагають ясні і однозначні символи клавіш і їх позначення.

Часто повторювані кроки обробки записуються в пам'яті як цикли обробки. Графічна підтримка полегшує програмування та надає йому можливість перевірки програми в режимі тестування.

Позиціонування з ручним введенням даних.

Навіть без складання повної програми обробки з системами ЧПУ HEIDENHAIN можна приступати до справи: просто обробляйте заготовку поетапно, при цьому, дії в ручному режимі і операції автоматичного позиціонування можна змінювати один одного в довільному порядку.

4.2. НАПИСАННЯ ПРОГРАМИ

Завдання: обробити деталь «Плита» (рис.4.1).

					МВ-7114мп.МД000.000 ПЗ	Арк
Зм.	Арк	№ докум.	Підп.	Дата		74

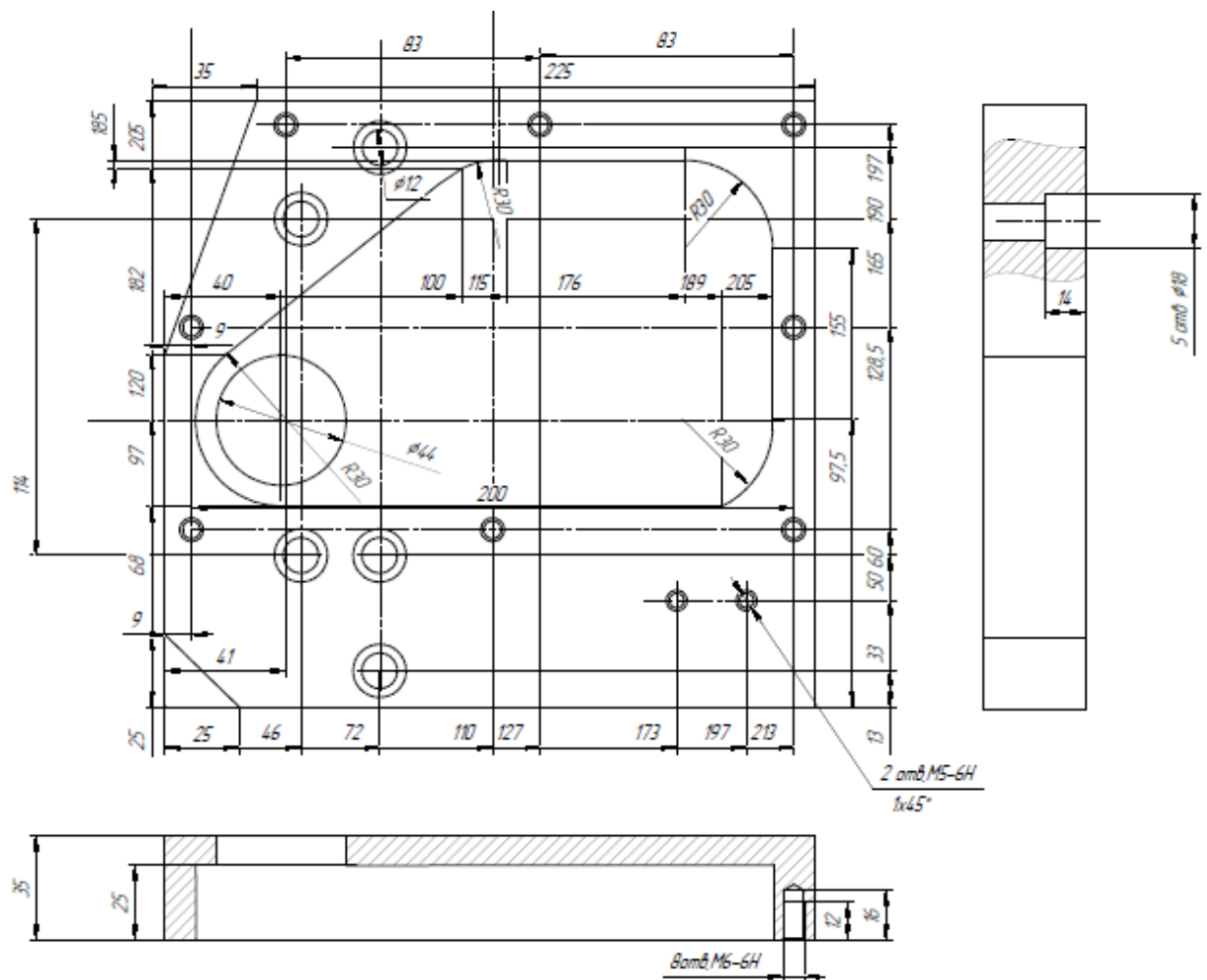


Рис.4.1.Плита

Програма складається з 97 кадрів. Нижче наведено безпосередньо саму програму

```

0 BEGIN PGM PLYTA (2) MM
1 BLK FORM 0.1 Z X+0 Y+0 Z-35
2 BLK FORM 0.2 X+225 Y+207 Z+0
3 TOOL CALL 15 Z S1000 F200
4 L X+300 Y+300 Z+100 R0 FMAX M3
5 L X-25 Y-25 Z+30
6 L Z-35
7 APPR LCT X+0 Y+0 R10 RL F AUTO
8 L X+0 F AUTO
9 L Y+120
10 L X+25 Y+207
11 L X+225
12 L X+225 Y+0
13 L X+25
14 L X+0 Y+25
15 DEP LCT X-25 Y+25 R10
16 L Z+5
17 L X+300 Y+300 Z+100 R0 FMAX M3
18 CYCL DEF 14.0 KONTUR
19 CYCL DEF 14.1 МЕТКА KONTURA1

```

Зм.	Арк	№ докум.	Підп.	Дата

МВ-7114мп.МД000.000 ПЗ

Арк

75

Q204=+50 ;2-YE BEZOP.RASSTOJ. ~
 Q301=+1 ;DWISH.NA BEZ.WYSOTU
 29 CYCL DEF 221 RIADY IZ OTWIERSTIJ ~
 Q225=+41 ;1-JA KOORD.NACH.TOCH ~
 Q226=+197 ;2-JA KOORD.NACH.TOCH ~
 Q237=+84.5 ;SCHAG PO 1-OJ OSI ~
 Q238=+0 ;SCHAG PO 2-OJ OSI ~
 Q242=+3 ;KOLICH.RIADOW ~
 Q243=+1 ;KOLICH.STROK ~
 Q224=+0 ;UGOL POWOROTA ~
 Q200=+2 ;BEZOPASN.RASSTOYANIE ~
 Q203=+0 ;KOORD. POVERHNOSTI ~
 Q204=+50 ;2-YE BEZOP.RASSTOJ. ~
 Q301=+1 ;DWISH.NA BEZ.WYSOTU
 30 CYCL DEF 203 UNIVERS. SWERLENIE ~
 Q200=+2 ;BEZOPASN.RASSTOYANIE ~
 Q201=-1.5 ;GLUBINA ~
 Q206=+150 ;PODACHA NA WREZANJE ~
 Q202=+1 ;GLUBINA WREZANJA ~
 Q210=+0 ;WYDER. WREMENI WWER. ~
 Q203=+0 ;KOORD. POVERHNOSTI ~
 Q204=+50 ;2-YE BEZOP.RASSTOJ. ~
 Q212=+0 ;SJOM MATERIALA ~
 Q213=+0 ;KOL.OPER.LOMKI STRU. ~
 Q205=+0 ;MIN.GLUBINA WREZANJA ~
 Q211=+0 ;WYDER.WREMENI WNIZU ~
 Q208=+99999 ;PODACHA WYCHODA ~
 Q256=+1 ;WYCHOD PRI LOMANII ~
 Q395=+0 ;DEPTH REFERENCE
 31 TOOL CALL 230 Z S600 F10
 32 CYCL DEF 221 RIADY IZ OTWIERSTIJ ~
 Q225=+9 ;1-JA KOORD.NACH.TOCH ~
 Q226=+60 ;2-JA KOORD.NACH.TOCH ~
 Q237=+100.5 ;SCHAG PO 1-OJ OSI ~
 Q238=+0 ;SCHAG PO 2-OJ OSI ~
 Q242=+3 ;KOLICH.RIADOW ~
 Q243=+1 ;KOLICH.STROK ~
 Q224=+0 ;UGOL POWOROTA ~
 Q200=+2 ;BEZOPASN.RASSTOYANIE ~
 Q203=+0 ;KOORD. POVERHNOSTI ~
 Q204=+50 ;2-YE BEZOP.RASSTOJ. ~
 Q301=+1 ;DWISH.NA BEZ.WYSOTU
 33 CYCL DEF 221 RIADY IZ OTWIERSTIJ ~
 Q225=+12 ;1-JA KOORD.NACH.TOCH ~
 Q226=+128.5 ;2-JA KOORD.NACH.TOCH ~
 Q237=+198 ;SCHAG PO 1-OJ OSI ~
 Q238=+0 ;SCHAG PO 2-OJ OSI ~
 Q242=+2 ;KOLICH.RIADOW ~
 Q243=+1 ;KOLICH.STROK ~
 Q224=+0 ;UGOL POWOROTA ~
 Q200=+2 ;BEZOPASN.RASSTOYANIE ~
 Q203=+0 ;KOORD. POVERHNOSTI ~
 Q204=+50 ;2-YE BEZOP.RASSTOJ. ~
 Q301=+1 ;DWISH.NA BEZ.WYSOTU
 34 CYCL DEF 221 RIADY IZ OTWIERSTIJ ~
 Q225=+41 ;1-JA KOORD.NACH.TOCH ~
 Q226=+197 ;2-JA KOORD.NACH.TOCH ~
 Q237=+84.5 ;SCHAG PO 1-OJ OSI ~
 Q238=+0 ;SCHAG PO 2-OJ OSI ~
 Q242=+3 ;KOLICH.RIADOW ~
 Q243=+1 ;KOLICH.STROK ~
 Q224=+0 ;UGOL POWOROTA ~
 Q200=+2 ;BEZOPASN.RASSTOYANIE ~

					Арк
Зм.	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	77

МВ-7114мп.МД000.000 ПЗ

Q203=+0 ;KOORD. POVERHNOSTI ~
 Q204=+50 ;2-YE BEZOP.RASSTOJ. ~
 Q301=+1 ;DWISH.NA BEZ.WYSOTU
 35 L X+300 Y+300 Z+100
 36 TOOL CALL 263 Z S100 F100
 37 CYCL DEF 209 NAR.WN.REZBY/LOM.ST. ~
 Q200=+2 ;BEZOPASN.RASSTOYANIE ~
 Q201=-12 ;GLUBINA REZBY ~
 Q239=+1 ;SCHAG REZBY ~
 Q203=+0 ;KOORD. POVERHNOSTI ~
 Q204=+5 ;2-YE BEZOP.RASSTOJ. ~
 Q257=+0 ;GL.SWERL.PRI LOMANII ~
 Q256=+1 ;WYCHOD PRI LOMANII ~
 Q336=+0 ;UGOL SCHPINDEL ~
 Q403=+1 ;RPM FACTOR
 38 L X+9 Y+60
 39 CYCL CALL
 40 L X+12 Y+128.5
 41 CYCL CALL
 42 L X+41 Y+197
 43 CYCL CALL
 44 L X+125.6
 45 CYCL CALL
 46 L X+210
 47 CYCL CALL
 48 L Y+128.5
 49 CYCL CALL
 50 L Y+60
 51 CYCL CALL
 52 L X+109.6
 53 CYCL CALL
 54 L X+300 Y+300 Z+100
 55 TOOL CALL 9 Z S3000 F300
 56 L X+300 Y+300 Z+100 R0 FMAX M3
 57 CYCL DEF 205 UNIW. GL. SWERLENIE ~
 Q200=+2 ;BEZOPASN.RASSTOYANIE ~
 Q201=-14 ;GLUBINA ~
 Q206=+150 ;PODACHA NA WREZANJE ~
 Q202=+5 ;GLUBINA WREZANJA ~
 Q203=+0 ;KOORD. POVERHNOSTI ~
 Q204=+50 ;2-YE BEZOP.RASSTOJ. ~
 Q212=+0 ;SJOM MATERIALA ~
 Q205=+0 ;MIN.GLUBINA WREZANJA ~
 Q258=+0.2 ;RASST.BEZ. WWERCHU ~
 Q259=+0.2 ;RASST.BEZ. W NIZU ~
 Q257=+0 ;GL.SWERL.PRI LOMANII ~
 Q256=+1 ;WYCHOD PRI LOMANII ~
 Q211=+0 ;WYDER.WREMENI WNIZU ~
 Q379=+0 ;TOCHKA STARTA ~
 Q253=+750 ;PODACHA PRED.POZIC. ~
 Q208=+99999 ;PODACHA WYCHODA ~
 Q395=+0 ;DEPTH REFERENCE
 58 CYCL DEF 221 RIADY IZ OTWIERSTIJ ~
 Q225=+46 ;1-JA KOORD.NACH.TOCH ~
 Q226=+50 ;2-JA KOORD.NACH.TOCH ~
 Q237=+0 ;SCHAG PO 1-OJ OSI ~
 Q238=+114 ;SCHAG PO 2-OJ OSI ~
 Q242=+1 ;KOLICH.RIADOW ~
 Q243=+2 ;KOLICH.STROK ~
 Q224=+0 ;UGOL POWOROTA ~
 Q200=+2 ;BEZOPASN.RASSTOYANIE ~
 Q203=+0 ;KOORD. POVERHNOSTI ~
 Q204=+50 ;2-YE BEZOP.RASSTOJ. ~

					Арк
Зм.	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	78

МВ-7114мп.МД000.000 ПЗ

Q301=+1 ;DWISH.NA BEZ.WYSOTU
 59 CYCL DEF 221 RIADY IZ OTWIERSTIJ ~
 Q225=+72 ;1-JA KOORD.NACH.TOCH ~
 Q226=+50 ;2-JA KOORD.NACH.TOCH ~
 Q237=+0 ;SCHAG PO 1-OJ OSI ~
 Q238=+140 ;SCHAG PO 2-OJ OSI ~
 Q242=+1 ;KOLICH.RIADOW ~
 Q243=+2 ;KOLICH.STROK ~
 Q224=+0 ;UGOL POWOROTA ~
 Q200=+2 ;BEZOPASN.RASSTOYANIE ~
 Q203=+0 ;KOORD. POVERHNOSTI ~
 Q204=+50 ;2-YE BEZOP.RASSTOJ. ~
 Q301=+1 ;DWISH.NA BEZ.WYSOTU
 60 CYCL DEF 221 RIADY IZ OTWIERSTIJ ~
 Q225=+72 ;1-JA KOORD.NACH.TOCH ~
 Q226=+15 ;2-JA KOORD.NACH.TOCH ~
 Q237=+0 ;SCHAG PO 1-OJ OSI ~
 Q238=+37 ;SCHAG PO 2-OJ OSI ~
 Q242=+0 ;KOLICH.RIADOW ~
 Q243=+1 ;KOLICH.STROK ~
 Q224=+0 ;UGOL POWOROTA ~
 Q200=+2 ;BEZOPASN.RASSTOYANIE ~
 Q203=+0 ;KOORD. POVERHNOSTI ~
 Q204=+50 ;2-YE BEZOP.RASSTOJ. ~
 Q301=+1 ;DWISH.NA BEZ.WYSOTU
 61 L X+300 Y+300 Z+100 R0 FMAX M3
 62 TOOL CALL 234 Z S4000 F500
 63 L X+300 Y+300 Z+100 R0 FMAX M3
 64 CYCL DEF 205 UNIW. GL. SWERLENIE ~
 Q200=+2 ;BEZOPASN.RASSTOYANIE ~
 Q201=-35 ;GLUBINA ~
 Q206=+150 ;PODACHA NA WREZANJE ~
 Q202=+5 ;GLUBINA WREZANJA ~
 Q203=+0 ;KOORD. POVERHNOSTI ~
 Q204=+50 ;2-YE BEZOP.RASSTOJ. ~
 Q212=+0 ;SJOM MATERIALA ~
 Q205=+0 ;MIN.GLUBINA WREZANJA ~
 Q258=+0.2 ;RASST.BEZ. WWERCHU ~
 Q259=+0.2 ;RASST.BEZ. W NIZU ~
 Q257=+0 ;GL.SWERL.PRI LOMANII ~
 Q256=+1 ;WYCHOD PRI LOMANII ~
 Q211=+0 ;WYDER.WREMENI WNIZU ~
 Q379=+0 ;TOCHKA STARTA ~
 Q253=+750 ;PODACHA PRED.POZIC. ~
 Q208=+99999 ;PODACHA WYCHODA ~
 Q395=+0 ;DEPTH REFERENCE
 65 CYCL DEF 221 RIADY IZ OTWIERSTIJ ~
 Q225=+46 ;1-JA KOORD.NACH.TOCH ~
 Q226=+50 ;2-JA KOORD.NACH.TOCH ~
 Q237=+0 ;SCHAG PO 1-OJ OSI ~
 Q238=+114 ;SCHAG PO 2-OJ OSI ~
 Q242=+1 ;KOLICH.RIADOW ~
 Q243=+2 ;KOLICH.STROK ~
 Q224=+0 ;UGOL POWOROTA ~
 Q200=+2 ;BEZOPASN.RASSTOYANIE ~
 Q203=+0 ;KOORD. POVERHNOSTI ~
 Q204=+50 ;2-YE BEZOP.RASSTOJ. ~
 Q301=+1 ;DWISH.NA BEZ.WYSOTU
 66 CYCL DEF 221 RIADY IZ OTWIERSTIJ ~
 Q225=+72 ;1-JA KOORD.NACH.TOCH ~
 Q226=+50 ;2-JA KOORD.NACH.TOCH ~
 Q237=+0 ;SCHAG PO 1-OJ OSI ~
 Q238=+140 ;SCHAG PO 2-OJ OSI ~

					MB-7114мп.МД000.000 ПЗ	Арк
Зм.	Арк	№ докум.	Підп.	Дата		79

Q242=+1 ;KOLICH.RIADOW ~
 Q243=+2 ;KOLICH.STROK ~
 Q224=+0 ;UGOL POWOROTA ~
 Q200=+2 ;BEZOPASN.RASSTOYANIE ~
 Q203=+0 ;KOORD. POVERHNOСТИ ~
 Q204=+50 ;2-YE BEZOP.RASSTOJ. ~
 Q301=+1 ;DWISH.NA BEZ.WYSOTU
 67 CYCL DEF 221 RIADY IZ OTWIERSTIJ ~
 Q225=+72 ;1-JA KOORD.NACH.TOCH ~
 Q226=+15 ;2-JA KOORD.NACH.TOCH ~
 Q237=+0 ;SCHAG PO 1-OJ OSI ~
 Q238=+37 ;SCHAG PO 2-OJ OSI ~
 Q242=+0 ;KOLICH.RIADOW ~
 Q243=+1 ;KOLICH.STROK ~
 Q224=+0 ;UGOL POWOROTA ~
 Q200=+2 ;BEZOPASN.RASSTOYANIE ~
 Q203=+0 ;KOORD. POVERHNOСТИ ~
 Q204=+50 ;2-YE BEZOP.RASSTOJ. ~
 Q301=+1 ;DWISH.NA BEZ.WYSOTU
 68 TOOL CALL 227 Z S2500 F500
 69 L X+300 Y+300 Z+100 R0 FMAX M3
 70 CYCL DEF 205 UNIW. GL. SWERLENIE ~
 Q200=+2 ;BEZOPASN.RASSTOYANIE ~
 Q201=-20 ;GLUBINA ~
 Q206=+150 ;PODACHA NA WREZANJE ~
 Q202=+5 ;GLUBINA WREZANJA ~
 Q203=+0 ;KOORD. POVERHNOСТИ ~
 Q204=+50 ;2-YE BEZOP.RASSTOJ. ~
 Q212=+0 ;SJOM MATERIALA ~
 Q205=+0 ;MIN.GLUBINA WREZANJA ~
 Q258=+0.2 ;RASST.BEZ. WWERCHU ~
 Q259=+0.2 ;RASST.BEZ. W NIZU ~
 Q257=+0 ;GL.SWERL.PRI LOMANII ~
 Q256=+1 ;WYCHOD PRI LOMANII ~
 Q211=+0 ;WYDER.WREMENI WNIZU ~
 Q379=+0 ;TOCHKA STARTA ~
 Q253=+750 ;PODACHA PRED.POZIC. ~
 Q208=+99999 ;PODACHA WYCHODA ~
 Q395=+0 ;DEPTH REFERENCE
 71 CYCL DEF 221 RIADY IZ OTWIERSTIJ ~
 Q225=+173 ;1-JA KOORD.NACH.TOCH ~
 Q226=+33 ;2-JA KOORD.NACH.TOCH ~
 Q237=+26 ;SCHAG PO 1-OJ OSI ~
 Q238=+0 ;SCHAG PO 2-OJ OSI ~
 Q242=+2 ;KOLICH.RIADOW ~
 Q243=+1 ;KOLICH.STROK ~
 Q224=+0 ;UGOL POWOROTA ~
 Q200=+2 ;BEZOPASN.RASSTOYANIE ~
 Q203=+0 ;KOORD. POVERHNOСТИ ~
 Q204=+50 ;2-YE BEZOP.RASSTOJ. ~
 Q301=+1 ;DWISH.NA BEZ.WYSOTU
 72 TOOL CALL 229 Z S3500 F500
 73 L X+300 Y+300 Z+100 R0 FMAX M3
 74 CYCL DEF 203 UNIVERS. SWERLENIE ~
 Q200=+2 ;BEZOPASN.RASSTOYANIE ~
 Q201=-1.5 ;GLUBINA ~
 Q206=+150 ;PODACHA NA WREZANJE ~
 Q202=+0.5 ;GLUBINA WREZANJA ~
 Q210=+0 ;WYDER. WREMENI WWER. ~
 Q203=+0 ;KOORD. POVERHNOСТИ ~
 Q204=+50 ;2-YE BEZOP.RASSTOJ. ~
 Q212=+0 ;SJOM MATERIALA ~
 Q213=+0 ;KOL.OPER.LOMKI STRU. ~

					MB-7114мп.МД000.000 ПЗ	Арк
Зм.	Арк	№ докум.	Підп.	Дата		80

```

Q205=+0      ;MIN.GLUBINA WREZANJA ~
Q211=+0      ;WYDER.WREMENI WNIZU ~
Q208=+99999  ;PODACHA WYCHODA ~
Q256=+1      ;WYCHOD PRI LOMANII ~
Q395=+0      ;DEPTH REFERENCE
75 CYCL DEF 221 RIADY IZ OTWIERSTIJ ~
Q225=+173    ;1-JA KOORD.NACH.TOCH ~
Q226=+33     ;2-JA KOORD.NACH.TOCH ~
Q237=+26     ;SCHAG PO 1-OJ OSI ~
Q238=+0      ;SCHAG PO 2-OJ OSI ~
Q242=+2      ;KOLICH.RIADOW ~
Q243=+1      ;KOLICH.STROK ~
Q224=+0      ;UGOL POWOROTA ~
Q200=+2      ;BEZOPASN.RASSTOYANIE ~
Q203=+0      ;KOORD. POVERHNOSTI ~
Q204=+50     ;2-YE BEZOP.RASSTOJ. ~
Q301=+1      ;DWISH.NA BEZ.WYSOTU
76 L  X+300  Y+300  Z+100 FMAX M3
77 TOOL CALL 129 Z S1000 F200
78 CYCL DEF 14.0 KONTUR
79 CYCL DEF 14.1 METKA KONTURA1
80 CYCL DEF 23 CHIST.OBRAB.DNA ~
Q11=+150     ;PODACHA NA WREZANJE ~
Q12=+500     ;FEED RATE F. ROUGHNG ~
Q208=+99999  ;PODACHA WYCHODA
81 CYCL CALL
82 CYCL DEF 24 CHIST.OBRAB.STOR. ~
Q9=+1        ;ROTATIONAL DIRECTION ~
Q10=-25      ;GLUBINA WREZANJA ~
Q11=+150     ;PODACHA NA WREZANJE ~
Q12=+500     ;FEED RATE F. ROUGHNG ~
Q14=+0       ;PRIPUSK NA STORONU
83 CYCL CALL
84 L  X+300  Y+300  Z+100 R0 FMAX M30
85 LBL 1
86 L  X+21   Y+120 RR
87 L  X+100  Y+182
88 RND R30
89 L  X+115  Y+185
90 L  X+176
91 CR  X+205  Y+155 R+30 DR-
92 L  Y+97.5
93 CR  X+189  Y+68  R+30 DR-
94 L  X+40
95 CR  X+21   Y+120 R+30 DR-
96 LBL 0
97 END PGM PLYTA (2) MM

```

Докладніше цикл обробки можна побачити на плакаті «Програмування в системі HEIDENHAIN iTNC 530».

					МВ-7114мп.МД000.000 ПЗ	Арк
Зм.	Арк	№ докум.	Підп.	Дата		81

Література

1. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. Под ред. А. Г. Косиловой и Р. К. Мещерякова, - 4-е изд., перераб. и доп. -М.: Машиностроение, 1986.
2. Детали и механизмы металлорежущих станков /Под. ред. Д.Н. Решетова. М., Машиностроение, 1972.
3. Анурьев. Справочник конструктора машиностроителя. В 3-х томах. М., Машиностроение, 2001.
4. Киркач Н.Ф., Баласанян Р.А. "Расчет и проектирование деталей машин" - 3-е изд., перераб. и доп. -Х.: Основа, 1991. -276с.:схем.
5. Металлорежущие станки / Под. ред. В.Э. Пуша. М., Машиностроение, 1985.
6. Свешников В.К., Усов А.А. Станочные гидроприводы: Справочник.- М.: Машиностроение, 1988.-512 с.
7. Гідроприводи та гідропневмоавтоматика: Підручник/ за ред. В. О. Федорця. - К.: Вища школа. 1995 р.
8. Проектирование механических передач/ С.А.Чернавский, Г.А.Слесарев, Б.С.Козинцев и др.-М.Машиностроение, 1984.-560с.
9. Кузнецов Ю. И., Маслов А. Р., Байков А. Н. Оснастка для станков с ЧПУ: Справочник. -М.: Машиностроение, 1983. - 359с.,
10. Фоменко И.А., Коваленко В.В., Стародуб Н.П., Охрана труда при обработке металлов резанием. - Киев: Техника, 1989 - 158с.
11. Методические указания к самостоятельным работам по курсу "Металлорежущие станки", раздел "Расчет и конструирование станков для студентов специальности 1202 "Металлорежущие станки и инструменты"/сост. И.И.Верба, И.Г.Федоренко, С.В.Чикин. -Киев:КПИ, 1989. -52.

					МВ-7114мп.МД000.000 ПЗ	Арк
Зм.	Арк	№ докум.	Підп.	Дата		82